

Avaliação da Continuidade do rio São Mateus (São Mateus-ES) com base na comunidade fitoplanctônica e variáveis limnológicas

Aieli Falchetto de Souza

Dissertação de Mestrado em Biodiversidade Tropical

Mestrado em Biodiversidade Tropical

Universidade Federal do Espírito Santo

São Mateus, Julho de 2014

Avaliação da Continuidade do rio São Mateus (São Mateus-ES) com base na comunidade fitoplanctônica e variáveis limnológicas

Arieli Falchetto de Souza

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Biodiversidade Tropical, na área de concentração de Ecologia Tropical.

Orientador (a): Dr^a Valéria de Oliveira Fernandes – UFES

Co-orientador (a): Dr^a Sirlene Aparecida Felisberto - UFG

São Mateus, Julho de 2014

Águas que fluem do coração do Senhor

Fontes eternas

Regam sementes de amor

Águas que curam

Águas que saram

Águas do trono de Deus

Que santificam, que me restauram

Que purificam meu ser

E nessas águas eu vou mergulhar

e me entregar por inteiro

Como um rio se rende ao mar

Senhor, me rendo, me rendo

Águas que curam

Águas que saram

Águas do trono de Deus

Que santificam, que me restauram

Que purificam meu ser

Tua presença eu quero buscar

E saciar minha sede

Águas profundas que vão me levar

Pra te encontrar, oh Deus

Te encontrar, oh Deus

Águas que curam

Águas que saram

Águas do trono de Deus

Que santificam, que me restauram

Que purificam meu ser.

Águas do Trono de Deus

Aline Barros

**Dedico este trabalho a todos aqueles que
sobrevivem de alguma forma dessa fonte de água. A todos
que não mediram esforços para que esse trabalho acontecesse e ao
Grande Arquiteto do Universo, que na sua sabedoria me concedeu a chance de
investigar as entrelinhas de uma pequena parte da sua criação.**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar à Deus, na pessoa do seu Filho Jesus Cristo , que a cada dia tem me fortalecido em meio às dificuldades, lembrando que foram muitas para conseguir realizar este trabalho. A Graça proveniente do seu grande sacrifício naquela cruz me possibilitou estar de pé, me fez sentir total satisfação com a conclusão de mais esta etapa e ter a certeza de que o Espírito Santo está presente na minha vida. Obrigado meu Senhor e Salvado!

A minha família por tantas vezes de socorro, por ter “aguentado” os meus momentos de estresse. Todos os dias louvo a Deus por ter me colocado perto de vocês, e desejo que ainda muitos anos possamos estar juntos, nos almoços de domingo na roça, nos churrascos de última hora, nos aniversários surpresa, ... Enfim, amoOoo muito todos vocês, Rogério (meu companheiro), Matheus (meu filho lindo que Deus me deu), Mamãe (exemplo de força pra mim), Papai (você mora no meu coração), Irmão (enjoado mais eu gosto de você), Irmã (lindona do meu coração), Cunhadas e Cunhados, sobrinhos lindos, minha Sogrinha (obrigado por suas orações e ajuda), ... todos vocês fazem-me mais feliz!

À Profª Drª Valéria que decidiu assumir a responsabilidade de me ajudar a caminhar e dar mais alguns passos na minha vida acadêmica. Você é exemplo de superação e profissionalismo para mim. Tenho certeza que aprendi muitas coisas nessa temporada que estive sob sua orientação. Obrigada. Desejo todas as bênçãos de Deus sobre a sua vida.

À Profª Drª Sirlene, minha co-orientadora, que mesmo distante esteve mais que presente, sempre nos lembrando que tudo ocorreria bem e que tudo daria certo. Foi para mim exemplo de profissionalismo, compromisso e amor pelo que se faz.

Obrigada pela “mãozona” na estatística, os diversos conselhos e a paciência para comigo, que com certeza foi *fundamental* para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço de todo meu coração a você! Te desejo toda sorte de bênçãos de Deus sobre a sua vida e de toda a sua família! Muito obrigada mesmo.

Aos professores queridos, grandes fontes de conhecimento e responsáveis pelo meu aprendizado nesta vasta área de conhecimento que é a ECOLOGIA. Agradeço a todos de coração pelo exemplo que são como docentes.

Ao prof^o Dr. Luiz Fernando Duboc pela grandiosa disposição em me ajudar nas mais diversas situações, sendo muito importante para a realização deste trabalho. Desejo que sempre apresente-se dessa forma, com esse enorme CORAÇÃO. Agradeço Muito!

Agradeço à prof^a Dr^a Karina Carvalho Mancini responsável pelo laboratório de “Biologia Estrutural”, pela disponibilização da estrutura do mesmo para realização de algumas etapas da pesquisa.

Ao prof^o Dr. Aloísio José Bueno Cotta, do laboratório de Química da UFES/CEUNES por disponibilizar as estruturas do laboratório para o cumprimento de algumas etapas importantíssimas do projeto.

Aos colegas de turma por dividirmos momentos bons de convívio, tanto de alegrias quanto de desespero, momentos em que conheci pessoas que traçaram naquele pequeno tempo o mesmo objetivo acadêmico. Agradeço a Deus pela Vida de todos vocês e desejo que sejam excelentes profissionais.

Aos singulares amigos de turma Michelle e Rodrigo, que demonstraram sempre e em todo o tempo o quanto o amor pelo o que se faz é importante. Vocês com

certeza marcaram em muito a temporada de cientistas que vivemos. Desejo todo sucesso em todas as áreas das vidas de Vocês! Grande Abraço!

À Luciane minha companheira de Batalha... rsrs... quantas dificuldades e momentos de desespero passamos juntas! Foram “tainhas voadoras”, tempestades, longos trechos até chegar aos pontos de coleta, marimbondos, atoleiros, um sol escaldante, e muitas outras coisas mais... rs... Sem falar que muitas vezes me acolheu em sua casa. Eu simplesmente agradeço a Deus pela sua vida, pois tenho certeza que muitas coisas eu aprendi com você e com as situações que tivemos que enfrentar, mas a grande lição que tudo isso me ensinou, é que nós não fazemos nada sozinhos. Obrigada pela sua amizade.

A todos dos LATEAC: Fred, Pâmela, Fernanda, Raíssa, Lorena Baptista, Lorena, Bruno, Victor, Nayara, Sandra, Brenner, Francine, Gabriel, Kelvin, ... que fizeram dos momentos de rotina uma distração e muito contribuíram ajudando nas dúvidas e metodologias do trabalho. À vocês muito obrigada!

Aos Vizinhos do LATEAC que tornavam os momentos de aflição do laboratório a cada dia mais divertidos. Sem falar também em quantas vezes nos ajudaram e ajudam desde metodologias até consertos de equipamentos. Muito obrigada por esse suporte!

A querida Beth companheira, guerreira, abençoada, etc... que sempre estava presente para alegrar nossos dias, com aquele sorriso contagiante. Você é uma grande mulher e amiga que Deus colocou no meu caminho... O que seria da Botânica sem você Bethysca!

À Lorena Baptista, querida Bah, cedeu a sua casa para acolher-me. Incontáveis vezes de toda boa vontade me ajudou nas análises e metodologias em laboratório,

tirando dúvidas, “botando a mão na massa” juntamente comigo, e sempre com um sorriso no rosto... Muitíssimo Obrigada! Você com certeza foi essencial para a conclusão desse trabalho.

À Fernanda, a mais nova “cianóloga” do LATEAC. Foram muitas as gargalhadas e momentos bons, que nos mostraram que a profissão pode ser sem competição e sim com muito esforço e amor no que se faz. Beijo no ombro!

À Thaís por ter me esclarecido dúvidas estatísticas por e-mail. Me ajudou também com outras questões, que tenho certeza, foram importantíssimas para o trabalho.

À Associação de Pescadores de São Mateus (APESAM), pela disponibilização de materiais necessários na realização das coletas e por estarem sempre à disposição mediante qualquer necessidade.

Pescador Zélão e irmão Estevão, que estiveram conosco contribuindo essencialmente para as coletas, e sem os quais ainda estaríamos “atoladas” na região das primeiras estações amostrais. Eu creio que Deus colocou vocês no meu caminho, não somente para contribuir com este trabalho, mas para serem exemplo de simplicidade, humildade e demonstrarem que realmente não se precisa de muito para viver bem e feliz! Meus sinceros agradecimentos!

Aos pescadores que contribuíram em muito para realização das coletas, Sr. Mario e Sr. Hélio, que sempre estavam à disposição para as aventuras a bordo no rio São Mateus, desde “tainhas voadoras” a cobras, queridas e ilustres componentes, que deixaram os dias de campo mais prazerosos. À vocês muito obrigada!

Aos motoristas da Secretaria de Saúde de Jaguaré, Bento, Aldo, Beto, Carlito, Hiltinho, Armstrong, Eliezer, Alessandro, Leonardo, Luís, ... pelas inúmeras caronas

até a capital, que com certeza foram cruciais no desenvolvimento do projeto e sem as quais eu não teria como finalizá-lo. E agradeço a Deus pela minha vida e pela vida de todos vocês, mediante aos vários livramentos de acidentes que tivemos juntos nessa BR 101. Muito obrigada!

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical pelo apoio na pessoa do Sr. Coordenador e Profº Dr. Maurício Hostim, e à Secretaria que sempre que solicitava estava pronta para atender aos pedidos com agilidade e paciência. Muito obrigada!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela disponibilização da bolsa de mestrado, com certeza foi essencial para que a pesquisa fosse realizada.

Agradeço ao Programa Ecológico de Longa Duração – PELD/CNPQ São Mateus por custear a realização das amostragens em campo.

E aos membros da banca examinadora Prof. Dr. Luís Fernando Duboc, Prof. Dr. Antelmo Falqueto, Prof. Dr. Camilo Dias Júnior e Profª Drª Marina Satika Suzuki que aceitaram participar como contribuintes na melhoria e finalização deste trabalho. Muito obrigada pela colaboração!

Provérbios 1:1-7 Bíblia Sagrada

PROVÉRBIOS de Salomão, filho de Davi, rei de Israel: Para se conhecer a sabedoria e a instrução, para se entenderem, as palavras da prudência. Para se receber a instrução do entendimento, a justiça, o juízo e a equidade. Para dar aos simples, prudência, e aos moços, conhecimento e bom siso. O sábio ouvirá e crescerá em conhecimento, e o entendido adquirirá sábios conselhos. Para entender os provérbios e sua interpretação; as palavras dos sábios e as suas proposições. O temor do SENHOR é o **princípio do conhecimento**, os loucos desprezam a sabedoria e a instrução.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS	12
ÍNDICE DE FIGURAS	13
INTRODUÇÃO GERAL	15

CAPÍTULO 1	19
-------------------------	-----------

Continuidade de um rio tropical com base na comunidade fitoplanctônica e variáveis limnológicas: a influência das fontes poluidoras rompe seu gradiente?

Resumo	20
Abstract	21
Introdução	22
Material e Métodos	23
Resultados	30
Discussão	32
Agradecimentos	39

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
---	-----------

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Coordenadas geográficas das estações amostrais no rio São Mateus.....	26
Tabela 2 – Classificação da trofia das estações amostrais de acordo com a concentração de fósforo total, segundo Dodds et al <i>apud</i> ESTEVES e PANOSSO (2011).....	43
Tabela 3 - Coeficientes de correlação obtidos através da PCA dos dois meses amostrais: Setembro/2012 e Janeiro/2013.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem de satélite com localização das seguintes Estações Amostrais no rio São Mateus: Cricaré=EA1; Cotaxé=EA2; Confluência=EA3. Fonte: www.googleearth.com.br	27
Figura 2 – Imagem de satélite com localização das seguintes estações amostrais no rio São Mateus: Montante da Cidade=EA4; SAAE=EA5; Porto=EA6; Esgoto=EA7; Piscicultura=EA8; Rio Preto=EA9; Mariricu=EA10; Divisão das Fozes=EA11 e Braço CB=EA12.Fonte: www.googleearth.com.br	27
Figura 3 – Pluviosidade e temperatura do ar dos meses de Setembro/2012 e Janeiro/2013 no município de São Mateus. Dados disponíveis em: http://www.ceunes.ufes.br/estacao/index2.asp?estacao=A616	40
Figura 4 – Zona eufótica (ZE) e transparência (Transp) da coluna d'água das estações amostrais no rio São Mateus, em setembro/2012 e janeiro/2013.....	41
Figura 5 – Valores de condutividade elétrica em setembro/2012 e janeiro/2013 nas estações amostrais do rio São Mateus.....	41
Figura 6 – Comparação entre os valores registrados nas estações amostrais do rio São Mateus nos dois períodos climatológicos amostrados (setembro/2012 e janeiro/2013), para as seguintes variáveis: oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio amoniacal e silicato.....	42
Figura 7 – Diagrama de Ordenação obtido através da Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis limnológicas das estações amostrais no rio São Mateus, analisado em Setembro/2012 e Janeiro/2013. *Zona eufótica (Zona Euf); Oxigênio dissolvido (OD); pH; Turbidez (Turb); Condutividade (cond); Temperatura da água (T°C Água); Fósforo total (P-total); Silica (Silicato); Amônia.....	44
Figura 8 – Densidade fitoplanctônica ($\text{ind.} \cdot 10^3 \cdot \text{L}^{-1}$) nas estações amostrais no rio São Mateus, em Setembro/2012 e Janeiro/2013.....	46
Figura 9 – Riqueza de espécies das estações amostrais no rio São Mateus, em Setembro/2012 e Janeiro/2013.....	47

Figura 10 – Clorofila a e feopigmentos das estações amostrais no rio São Mateus em Setembro/2012. *EA 1, 5 e 6 = erro amostral.....	48
Figura 11 – Clorofila a e feopigmentos das estações amostrais no rio São Mateus em Janeiro/2013.....	48
Figura 12 – Diversidade Específica (H) e Equitabilidade (E) das estações amostrais no rio São Mateus, em Setembro/2012.....	49
Figura 13 – Diversidade Específica (H) e Equitabilidade (E) das estações amostrais no rio São Mateus, em Janeiro/2013.....	49
Figura 14 – Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) das espécies abundantes e dominantes correlacionadas com as estações amostrais. Explicabilidade: Eixo 1 = 27,96% e eixo 2 = 12,97%, totalizando 40,93%. *EA = estação amostral.....	50

INTRODUÇÃO GERAL

Dentre os diversos tipos de ecossistemas aquáticos, os rios distinguem-se por duas principais características: a primeira é o movimento horizontal das correntes e a segunda é a interação com as bacias hidrográficas, da qual há uma permanente contribuição de material alóctone (TUNDISI e TUNDISI, 2008). Eles são sistemas que recebem influências que dependem do seu uso, sendo considerados sistemas com estrutura tridimensional (vertical, lateral e longitudinal) sendo altamente dinâmicos em sua hidrologia e geomorfologia, além de serem influenciados sazonalmente pelas estações climáticas (PETTS, 2000).

Os rios envolvem uma complexa interação da biota com o seu ambiente físico e químico, apresentando fluxo unidirecional da corrente o que impõe grande limitação ao estabelecimento dos organismos. Para se fixar e colonizar este ambiente, a biota deve apresentar características que os levam à seleção de microhábitats, que reduzem a exposição às fortes correntes (PETTS e CALOW, 1996 *apud* SILVEIRA, 2004).

A heterogeneidade ambiental encontrada nos sistemas lóticos é principalmente provocada pela variabilidade temporal das condições físicas do rio, e tal variabilidade influencia o estabelecimento e perda de comunidades, assim como a recolonização das mesmas em qualquer época do ano (TOWNSEND *apud* SILVEIRA, 2004). Entretanto, o desenvolvimento de uma nova comunidade ocorrerá apenas em locais propícios para o seu restabelecimento, de acordo com as restrições impostas pelo ambiente (TOWNSEND *apud* SILVEIRA, 2004).

A extensão à qual esta heterogeneidade predomina no padrão longitudinal ao longo do rio pode variar de um sistema para outro (WILLIAMS e HYNES *apud* SILVEIRA, 2004). O estudo sobre a heterogeneidade longitudinal em rios somente se consolidou com a proposta da “Teoria do Rio Contínuo” (VANOTTE et al, 1980), conhecida também como “Conceito de Continuidade do Rio”, a qual trata sobre a estrutura e a função das comunidades ao longo de um sistema hidrográfico, em função de um gradiente de condições físicas e químicas.

Comunidades produtoras e consumidoras do rio utilizam energia atingindo um equilíbrio dinâmico e podem, então, se tornarem estáveis com a dinâmica das condições físicas do ecossistema (VANNOTE et al, 1980). Contudo, a resposta biológica pode ser alterada em função de perturbações ambientais, uma vez que esse *continuum* pode ser interrompido através de por exemplo, a construção de barragens e lançamento de efluentes (por exemplo) (STRASKRABA et al, 1993 e MALQVIST e RUNDLE, 2002 *apud* SILVA et al, 2011). Sob esse enfoque, tais abordagens podem ser expressas pelo “Conceito da Descontinuidade Serial” (WARD e STANFORD, 1983, 1995; STANFORD e WARD, 2001).

Posteriormente, percebeu-se que o rio se comporta como um contínuo na escala do rio inteiro e como um descontínuo na escala de cada trecho (BRETSCSKO, 1995). Deste modo, os ecossistemas lóticos são caracterizados por uma grande variabilidade e complexidade de variáveis bióticas e abióticas, tornando-os essencialmente dinâmicos. Um determinado rio ou uma seção do mesmo não é um sistema isolado, pois são ecossistemas abertos com dinâmica de importação e exportação de nutrientes, energia e água. Todo o aporte em seu trecho superior (ritral) irá afetar seu trecho inferior (potamal). A grande dinâmica dos ecossistemas lóticos os torna ecossistemas fundamentalmente estruturados pelo regime climático

e pelas variáveis físicas (por exemplo, luz, temperatura, correnteza, habitat, sólidos em suspensão) e químicas (por exemplo, oxigênio e nutrientes) com os quais interagem, além dos fatores biológicos (herbivoria, predação, competição) (SILVEIRA, 2004).

Nos ambientes lóticos, historicamente o fitoplâncton tem recebido menos atenção em estudos limnológicos quando comparados aos ambientes lênticos (RODRIGUES et al, 2007), e apesar dos estudos relacionados à essa comunidade estarem crescendo (como: BICUDO et al., 1992; BITTENCOURT-OLIVEIRA, 1993; TRAIN e RODRIGUES, 1998; SANTOS e ROCHA, 1998; CÂMARA et al, 2002; BORGES et al, 2003; RODRIGUES et al, 2007) ainda são escassos considerando-se a grande extensão territorial e hidrográfica do país.

Características inerentes a esses sistemas, como a turbulência, o baixo tempo de residência da água e, conseqüentemente, o contínuo transporte da comunidade fitoplanctônica a jusante, levam a concluir, que dificilmente haveria resposta biológica desses organismos, por exemplo, ao incremento de nutrientes. Entretanto diversas pesquisas recentes têm demonstrado que o aporte de nutrientes aos ecossistemas lóticos pode ocasionar mudanças nessa comunidade (SILVEIRA, 2004; DODDS, 2006; HILTON et al, 2006; BILLEN et al, 2007).

Desta forma, avaliar a estrutura e a dinâmica desta comunidade em ambientes lóticos é de suma importância para compreensão do funcionamento desses ecossistemas, permitindo discutir a influência dos impactos antrópicos derivados do mau uso da bacia de drenagem e ocupação do solo e, analisar se o rio é capaz de se autodepurar após atravessar extensas áreas de urbanização e industrialização.

No rio São Mateus, pesquisa anteriormente desenvolvida por MAMÃO (2012) com a referida comunidade evidenciou que as variáveis limnológicas analisadas e a comunidade fitoplanctônica responderam aos diferentes impactos ambientais e demonstraram o rompimento do seu gradiente longitudinal no trecho estudado.

Assim, este projeto de pesquisa foi baseado na seguinte questão: após o impacto causado pelas fontes poluidoras do município de São Mateus o rio continuaria com seu gradiente longitudinal descontínuo ou não? O objetivo geral foi avaliar a continuidade do rio São Mateus com base na estrutura da comunidade fitoplanctônica e sua relação com as variáveis limnológicas em dois períodos climatológicos distintos, ampliando as estações amostrais desde os dois rios formadores do rio São Mateus até próximo de suas duas fozes.

Diante do exposto, estudos desenvolvidos no rio São Mateus, como este, apresentam elevada importância pelos múltiplos usos deste ambiente, por praticamente não haver, até o início do PELD, dados referentes à ecologia deste ecossistema e por ampliar o conhecimento da ecologia da comunidade fitoplanctônica em ambientes lóticos do estado do Espírito Santo e do Brasil.

Essa pesquisa esteve inserida em um projeto ainda mais amplo, o PELD (Edital MCT/CNPq N º 59/2009 - Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração) intitulado “*Caracterização ambiental da bacia do rio São Mateus frente a aspectos naturais e antrópicos: escala espacial e temporal*”, com duração de três anos (2011 – 2013).

CAPÍTULO 1

Continuidade de um rio tropical com base na comunidade fitoplanctônica e variáveis limnológicas: a influência das fontes poluidoras rompe seu gradiente?

ARIELI FALCHETTO DE SOUZA^{1*}, VALÉRIA DE OLIVEIRA FERNANDES^{1**} & SIRLENE APARECIDA FELISBERTO²

¹ Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Algas Continentais. Universidade Federal do Espírito Santo – CCHN/ Botânica / PPGBV: Av. Fernando Ferrari n° 514, Campo Goiabeiras, Vitória (ES). CEP: 29075-015.

² Universidade Federal de Goiás - Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Vegetal: Instituto de Ciências Biológicas I - Campus Samambaia - CEP:74001-970 - Caixa Postal: 131. E-mail: fsirfe@gmail.com

*E-mail: arielifalchetto@gmail.com

**E-mail: valeriaufes@yahoo.com.br

Artigo a ser encaminhado para publicação na revista Acta Limnologica Brasiliensia

Normas disponíveis em: http://www.ablimno.org.br/arquivos/acta_author_instructions.pdf

RESUMO

A entrada de material alóctone, proveniente principalmente das atividades antrópicas como, por exemplo, o lançamento de efluentes domésticos e industriais alteram a qualidade da água, assim como as comunidades presentes. Assim, o presente estudo teve como objetivo analisar a comunidade fitoplanctônica do rio São Mateus nos períodos de seca e chuva, avaliando a continuidade do ecossistema. Para tal, 12 estações amostrais foram selecionadas ao longo do rio, sendo três à montante da cidade de São Mateus (EA1 a EA3), seis ao longo (EA4 a EA9) e três a jusante (EA10 a EA12). As variáveis limnológicas e atributos referentes à comunidade fitoplanctônica foram obtidas em setembro/2012 (período de seca) e janeiro/2013 (período de chuva). A análise de componentes principais (PCA) demonstrou que o sistema foi influenciado temporalmente e espacialmente, especialmente no período de chuva. Para o período de seca a PCA mostrou que o sistema foi caracterizado pelas variáveis zona eufótica, oxigênio dissolvido, silicato, pH e Clorofila *a*; enquanto o período de chuva esteve relacionado a temperatura da água, fósforo total e turbidez. De forma geral, 105 táxons de algas da comunidade fitoplanctônica foram identificados distribuídos em sete classes taxonômicas. Cyanophyceae, Bacillariophyceae e Chlorophyceae apresentaram maior riqueza taxonômica. A diversidade, riqueza e densidade total do fitoplâncton foram mais homogêneas no período de seca do que no período de chuva. Porém, em ambos os períodos houve dominância de uma única espécie, que foi *Synechocystis aquatilis* Sauvageau (Cyanophyceae), com consequente baixa de equitabilidade. As estações amostrais ao longo e a jusante da cidade (EA 5, EA6, EA9 e EA11) tiveram os maiores valores de densidade total do fitoplâncton. Esses resultados nos permitem inferir que no período de seca o rompimento da continuidade do rio São Mateus é menos evidente, diferente do período chuvoso, possivelmente devido a uma maior influência dos ambientes externos adjacentes as margens do rio, que com as chuvas têm compostos lixiviados para o rio.

Palavras-chave: Cyanophyceae, ecologia de fitoplâncton, *Synechocystis aquatilis*.

ABSTRACT

The input of allochthonous material, especially from human activities such as discharge of domestic and industrial wastewater has changed the water quality, as well as the communities present. Thus, the present study aimed to analyze the phytoplankton from São Mateus River, in dry and rainy periods, assessing the continuity of the ecosystem. To this end, 12 sampling sites were selected along over the course of São Mateus river: three upstream of the city of São Mateus, Espírito Santo State (EA1 to EA3), six along (EA4 to EA9), and three downstream of the city (EA10 to EA12). Limnological and attributes for phytoplanktonic community were obtained in dry (september/2012) and rainy (january/2013) period. The principal components analysis (PCA) demonstrated that the system was influenced temporally and spatially, specially in rainy period. In the dry period, PCA showed that the system was characterized for variable photic zone, dissolved oxygen, silicate, pH and chlorophyll a; while rainy period was related to water temperature, total phosphorus and turbidity. In general, 105 taxa of phytoplankton were identified and distributed in seven taxonomic classes. Cyanophyceae, Bacillariophyceae and Chlorophyceae presented higher taxonomic richness. The total density, diversity and species richness of phytoplankton was more homogeneous in the dry period than in the rainy season. However in both periods there was dominance of a only species, which was *Synechocystis aquatilis* Sauvageau (Cyanophyceae), with consequent lower evenness. The sampling sites throughout and downstream the city of São Mateus, (especially AE5, EA6, EA9, EA11) had the highest values of phytoplankton total density. Thus, in the rainy season, the sampling stations downstream of the city have shown that there is an influence of pollution sources on the limnological variables and attributes related to phytoplankton. These results allow us to infer that in the dry period the disruption of river continuity São Mateus River is less evident, unlike the rainy period, possibly due to a greater influence of external environments surrounding the river banks, with the rains that have leached compounds for the river.

Key-words: Cyanophyceae, ecology of phytoplankton, *Synechocystis aquatilis*

1. Introdução

Dentre os tipos de ecossistemas aquáticos, os rios distinguem-se por duas principais características: a primeira é o movimento horizontal das correntes e a segunda é a interação com as bacias hidrográficas, da qual há uma permanente contribuição de material alóctone (TUNDISI e TUNDISI, 2008). Eles são sistemas que recebem influência de muitas características que dependem do seu uso, sendo considerados sistemas com estrutura tridimensional (vertical, lateral e longitudinal), altamente dinâmicos em sua hidrologia e geomorfologia, e ainda são influenciados temporalmente pelas estações climáticas (PETTS, 2000).

Dentre as teorias que buscaram entender o funcionamento de ecossistemas lóticos pode-se destacar o Conceito de Continuidade do Rio – CCR, descrita em 1980 por VANNOTE e colaboradores. Esta teoria foi desenvolvida para ecossistemas de clima temperado e sem interferências antrópicas, considerando que as características físicas e das comunidades bióticas que vivem ali seguem um padrão. Porém, estudos posteriores demonstraram que essa continuidade pode ser rompida através de mudanças nas condições ambientais, como foi sugerido pelo Conceito da Descontinuidade (WARD e STANFORD, 1983, 1995; STANFORD e WARD, 2001).

Assim, o conhecimento da biodiversidade em ambientes fluviais, acompanhado das condições físicas e químicas da água, torna-se cada vez mais necessário como base para o monitoramento da qualidade da água, pois são sistemas que vêm sendo afetados cada vez mais por impactos antrópicos (RODRIGUES et al, 2007).

A investigação de como a comunidade fitoplanctônica responde à mudanças nesses ambientes é uma forma de verificar a ocorrência e abrangência de impactos, pois esses organismos são descritos como verdadeiros “sensores” no ambiente aquático (MARGALEF, 1983; CUNHA et al, 2008). REYNOLDS (1988) destaca ainda que há

uma grande importância de que sejam feitos estudos que envolvam escalas temporais para se avaliar os efeitos de distúrbios sobre a comunidade fitoplanctônica.

No rio São Mateus esse conhecimento ainda é escasso, apresentando contribuições à cerca do ecossistema apenas de algumas pesquisas que não estão relacionadas ao fitoplâncton, como por exemplo: SILVA et al. (2005) caracterizaram a estrutura dos bosques de mangue; BERNINI, et al. (2006) evidenciaram a composição química do sedimento e de folhas de espécies de manguezal; e PEREIRA, et al. (2013) estudaram a estrutura da comunidade perifítica.

Assim, o presente estudo teve como objetivo analisar a comunidade fitoplanctônica do rio São Mateus nas estações seca e chuvosa, avaliando a continuidade do ecossistema mediante a influência de fontes poluidoras advindas principalmente da cidade de São Mateus localizada às margens do rio. Mediante tal objetivo, tem-se a seguinte hipótese: o rio São Mateus continua descontínuo após a influência das fontes poluidoras da cidade.

2. Material e Métodos

2.1 Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio São Mateus apresenta dimensão aproximada de 13.482 km², sendo 7.710 km² no estado do Espírito Santo e 5.772 km² no estado de Minas Gerais, agregando ao longo de seu percurso 15 afluentes principais que drenam 23 municípios (MMA, 2006). Ele é formado pela confluência dos rios Cotaxé (Braço Norte) que possui aproximadamente 244 km de extensão, com sua nascente situada

na cidade de Ouro Verde – MG, e Cricaré (Braço Sul), com aproximadamente 200 Km de extensão originando-se no município de Mendes Pimentel- MG (ANA, 2009).

O rio São Mateus é utilizado para diversos fins como: pesca, irrigação, abastecimento doméstico e piscicultura intensiva, com sistemas de tanques-rede (criação de tilápias - *Oreochromis* sp.). Além disso, caracteriza-se como local de descarga de efluentes domésticos do Município de São Mateus.

Duas amostragens foram realizadas, sendo uma na estação seca (Setembro/2012) e outra na estação chuvosa (Janeiro/2013). Determinou-se 12 estações amostrais (EAs) (Figura 2) e suas respectivas coordenadas (Tabela 1) ao longo do rio São Mateus: EA 1 e EA 2 estão localizadas nos formadores do rio São Mateus, Cricaré (Braço Sul) e Cotaxé (Braço Norte) respectivamente; EA 3 localiza-se no ponto de junção das águas dos dois rios, ou seja, onde é formado o rio São Mateus; EA 4 à montante da cidade; EA 5 no ponto de captação de água pelo SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) para abastecimento doméstico, principalmente; EA 6 situada na região do antigo Porto de São Mateus, já recebendo influência de efluentes domésticos clandestinos; EA 7 está em região de piscicultura intensiva (tanques rede), na qual o principal cultivo é de tilápias; EA 8 localiza-se em um dos principais pontos de lançamento de efluente doméstico e industrial; EA 9 situa-se na foz de um dos afluentes do rio São Mateus, o rio Preto; EA 11 no local em que se divide o rio formando dois braços que darão origem às suas fozes; EA 10 no rio Mariricu, braço sul do rio São Mateus que forma a foz do distrito de Barra Nova (São Mateus-ES); e EA 12 localizada no braço norte da divisão do rio São Mateus que forma a foz em Conceição da Barra (município vizinho da cidade de São Mateus).

Todas as amostragens foram realizadas na subsuperfície da água e próximo às margens, sendo determinadas em campo as seguintes variáveis abióticas: transparência (m) e profundidade da zona eufótica (m) com o disco de Secchi, sendo esta última determinada segundo Cole (1994); profundidade máxima (m) com profundímetro Speed Tech; velocidade da corrente (cm/s) fluxômetro G.O. Environmental; e a temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e salinidade (ppt) com medidor multiparâmetros YSI 85.

Tabela 1 – Coordenadas geográficas das estações amostrais no rio São Mateus.

Localização	Estação Amostral	S	W
Montante da cidade	EA 1	18°38'59.0"	040°07'26.6"
	EA 2	18°39'01.1"	040°05'37.7"
	EA 3	18°39'03.5"	040°05'24.6"
Durante a cidade	EA 4	18°41'17.2"	039°53'04.5"
	EA 5	18°42'51.3"	039°51'37.4"
	EA 6	18°42'42.7"	039°51'15.7"
	EA 7	18°43'08.1"	039°48'51.3"
	EA 8	18°43'11.1"	039°48'51.3"
	EA 9	18°42'46.3"	039°47'45.8"
Jusante da cidade	EA 10	18°43'11.2"	039°46'17.5"
	EA 11	18°42'21.7"	039°46'32.8"
	EA 12	18°42'01.0"	039°46'18.8"



Figura 1 – Imagem de satélite com localização das seguintes Estações Amostras no rio São Mateus: Cricaré=EA1; Cotaxé=EA2; Confluência=EA3. Fonte: www.googleearth.com.br

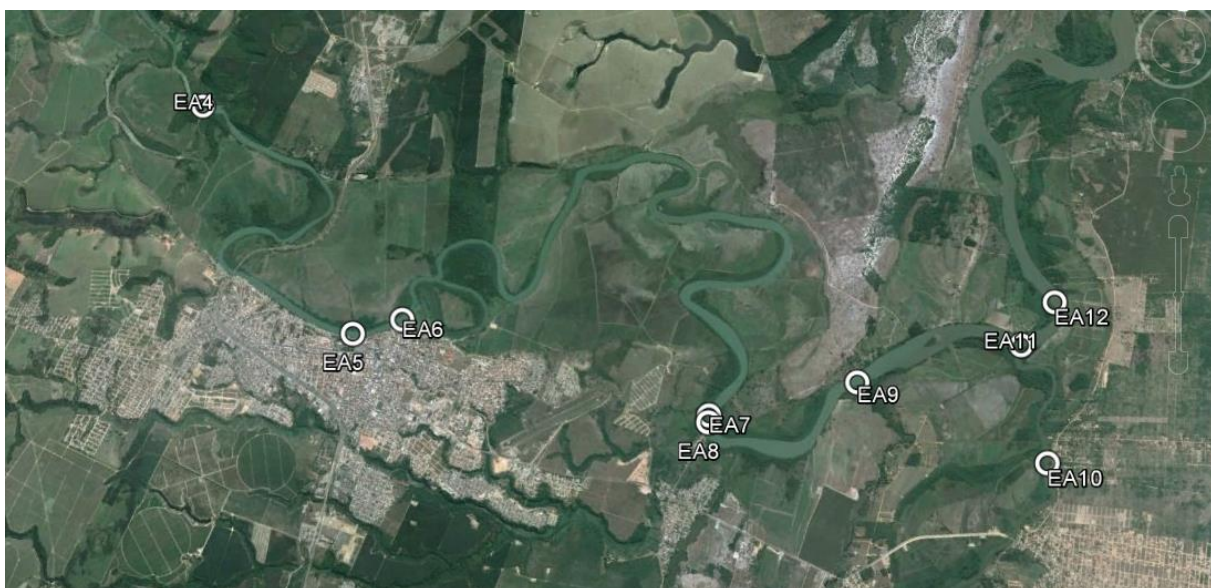


Figura 2 – Imagem de satélite com localização das seguintes Estações Amostras no rio São Mateus: Montante da Cidade=EA4; SAAE=EA5; Porto=EA6; Esgoto=EA7; Piscicultura=EA8; Rio Preto=EA9; Mariricu=EA10; Divisão das Fozes=EA11 e Braço CB=EA12. Fonte: www.googleearth.com.br

O pH foi determinado utilizando-se potenciômetro digital (pHmetro Alfakit At 300). A turbidez (NTU) foi avaliada em laboratório através de turbidímetro digital ALFAKIT Plus V1. Para esta análise, as amostras foram coletadas por meio de passagem manual dos frascos e transportadas sob refrigeração para o laboratório.

E para a obtenção dos dados de nutrientes, as amostras foram coletadas por meio de passagem de frasco manualmente na subsuperfície, em seguida acondicionadas em frascos de polietileno e transportadas ao laboratório sob refrigeração. Para determinação de silicato (Si-SO_4) e nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$), as amostras foram imediatamente filtradas com filtros Millipore de fibra de vidro GF1 á vácuo. A amostra não filtrada foi utilizada para determinação de fósforo total.

Esses nutrientes foram determinados por meio das seguintes metodologias: fósforo total (VALDERRAMA, 1981), nitrogênio amoniacal (CARMOUZE, 1994) e silicato (CARMOUZE, 1994).

De acordo com as concentrações de fósforo total, as estações amostrais foram classificadas quanto a trofia segundo DODDS et al (1998) *apud* ESTEVES e PANOSSO (2011).

Para a análise quantitativa da comunidade fitoplanctônica, as amostras foram coletadas com passagem manual de frasco na subsuperfície da coluna d'água e imediatamente fixadas com solução de lugol acético 5% (UTERMÖHL, 1958). A quantificação da densidade fitoplanctônica seguiu o método de sedimentação em câmaras (UTERMÖHL, 1958), em microscópio invertido Nikon Eclipse TS 100 em aumento de 400 vezes por meio de campos aleatórios, segundo UEHLINGER (1964). Cada célula, colônia e filamento foram considerados como um indivíduo. Um número suficiente de campos foi contado até o registro de 400 indivíduos da espécie mais abundante (LUND et al, 1958). Além disso, a contagem foi realizada até a estabilização do número de espécies adicionadas por campo (BICUDO, 1990), maximizando a confiabilidade dos dados e diminuindo os erros amostrais. Os resultados foram expressos em indivíduos/ml (densidade de organismos) e calculados de acordo com WEBER (1973).

As espécies foram classificadas da seguinte forma quanto à abundância relativa (indivíduos/ml) de cada táxon: raro = 1 a 49; constante = 50 a 99; comum = 100 a 149; abundante = 150 a 5700 - o menor valor de densidade do táxon mais abundante; dominante > 5700) (adaptação do critério de BROWN, 1976). A riqueza foi estimada através da análise quantitativa da comunidade, ou seja, de acordo com a quantidade de táxons visualizados na estação amostral.

Para determinação da clorofila *a* e feofitina as amostras foram filtradas em filtro de fibra de vidro Whatman GF 1 e posteriormente acondicionadas em local escuro e refrigerado, sendo feitas réplicas para cada estação amostral. A extração foi realizada através de maceração utilizando-se acetona 90% a frio e as amostras foram mantidas durante 24hs, sob refrigeração (APHA, 1992). Após esse momento, as amostras foram centrifugadas e a leitura foi feita em espectrofotômetro de luz visível, segundo Lorenzen (1967). Para determinação de feofitina, após a primeira leitura, as amostras foram acidificadas com HCl 0,1N para converter a clorofila *a* ativa em feofitina, e uma nova leitura foi realizada.

A diversidade específica foi calculada por meio do índice de diversidade de Shannon-Wiener (1963), a partir de dados de densidade e expresso em bits/ind. A equitabilidade foi calculada através da proposta de Pielou (1975).

2.2 Tratamento Estatístico

Para ordenar as variáveis abióticas e as estações de amostragem foi utilizada a análise de componentes principais (PCA), expressando a relação entre elas através de fatores, por meio do programa PC-ORD 5.15. E a Análise de Correspondência

Destendenciada foi aplicada para discriminar padrões de distribuição espacial das algas abundantes e dominantes em relação às estações amostrais utilizando também o mesmo programa.

3. Resultados

Os meses de amostragem evidenciaram as estações climáticas em que estão inseridos: setembro (estação seca) registrou valores baixos de pluviosidade quando comparado a janeiro (estação chuvosa), porém ambos os meses registraram temperaturas do ar altas (Figura 3).

O rio São Mateus apresentou elevados valores de temperatura da água em todas as estações amostrais, com médias que variaram entre 25,3 e 27°C e, pH próximo da neutralidade em ambos os meses: em setembro os valores ficaram entre 7,5 e 7,72, e janeiro/13 entre 6,54 e 7,44 .

A profundidade média das estações amostrais variou entre 0,5 e 4,7 metros. A transparência (Figura 4), zona eufótica (Figura 4), condutividade elétrica (Figura 5) e oxigênio dissolvido (Figura 6) apresentaram maiores valores na estação seca.

A turbidez em setembro apresentou os menores valores (turbidez máxima 79,9 NTU), sendo o mês de janeiro caracterizado por águas altamente turvas (turbidez máxima 427,8 NTU).

A salinidade não apresentou variação em nenhuma das estações amostrais, apresentando valores médios de 1,0 ppt.

O Fluxo foi caracterizado com as maiores velocidades na região a montante e ao longo da cidade, e apresentou valores entre 4 e 780,5 cm/s.

Em relação aos nutrientes, os maiores valores de nitrogênio amoniacal (Figura 6) foram registrados nas EAs ao longo e à jusante da cidade. No período seco, EA 7 e EA 8 apresentaram os maiores valores para este nutriente, e no período chuvoso foi observado de EA 5 em diante altos valores na concentração do mesmo.

O fósforo total (Figura 6) apresentou uma diminuição rio abaixo no mês de janeiro, porém com valores altos em EA 1 a EA 3, sendo que em setembro os maiores valores foram nas estações a jusante da cidade.

O silicato (Figura 6) na estação seca apresentou valores com o mesmo padrão do fósforo total no período chuvoso. Porém em janeiro as estações foram homogêneas e somente EA 7 e EA 8 apresentaram valores altos.

Segundo a classificação de trofia de acordo com a concentração de fósforo total, na estação seca foram consideradas oligotróficas EA 1 a EA 7 e mesotróficas EA 8 a EA 12. Na estação chuvosa EA 1 e EA 3 foram classificadas como eutróficas, sendo o restante das EAs mesotróficas (Tabela 3).

A Análise de Componentes Principais (PCA) para as duas estações climáticas (Figura 7) apresentou uma explicabilidade de 61,2% nos dois eixos (43,2% no eixo 1 e 17,9% no eixo 2). Observa-se a separação dos dois períodos de amostragem, sendo que as estações em Setembro/12 foram relacionadas aos maiores valores para zona eufótica, pH, oxigênio dissolvido, silicato e clorofila *a* para a maioria das estações amostrais. Já em janeiro/13 a maioria das estações amostrais foram relacionadas aos valores de temperatura da água, turbidez e fósforo total (Figura 7).

A comunidade fitoplanctônica apresentou maiores valores de densidade total na estação chuvosa (janeiro/2013), com destaque para EA6 (Figura 10). De forma

geral, 105 táxons de algas da comunidade fitoplanctônica foram identificados, distribuídos nas classes Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cryptophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae e Zygnemaphyceae. A classe que apresentou predominância foi Cyanophyceae, mesmo havendo grande quantidade de táxons de Bacillariophyceae e Chlorophyceae.

Destacando ainda que o número de táxons discriminados foi maior no mês de setembro para a maioria das estações amostrais (Figura 11). A clorofila *a* e feopigmentos também apresentaram maiores valores na estação seca, principalmente da estação EA 8 à EA 12 (Figuras 12 e 13).

A diversidade específica apresentou maiores valores em setembro/2012 (Figura 14), e a equitabilidade em ambos os meses registrou valores baixos (Figuras 14 e 15).

A Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) (Figura 16) apresentou explicabilidade total de 40,93%, sendo no eixo 1 = 27,96% e no eixo 2 = 12,97%. Através desta análise foi observada a formação de três grupos, sendo o 1º e 2º grupos (EA 1 a EA 7) relacionados com táxons da classe Bacillariophyceae. Enquanto o 3º grupo (EA 8 a EA 12) foi representado por indivíduos das classes Chlorophyceae e Cyanophyceae.

4. Discussão

A pressão sobre os recursos hídricos eleva-se cada vez mais com o crescimento da população humana, e isso ocorre devido ao maior consumo direto e a utilização indireta da água para abastecer as diversas atividades que dão sustentação ao padrão de consumo social, sendo as principais a atividade agrícola e a industrial

(TELLES, 2006; TUNDISI, 2008). E isso também acarreta uma maior descarga de poluição nos ambientes aquáticos, somada ainda ao despejo de efluentes domésticos e outras fontes poluidoras. A bacia do rio São Mateus é caracterizada pela presença de atividades dessa natureza como fontes poluidoras, destacando-se as agropastoris e a descarga de efluentes domésticos diretamente no rio.

A região está localizada em clima tropical úmido com altos índices de pluviosidade (MMA, 2006; ANA, 2009). As temperaturas do ar foram altas, sendo a pluviosidade a principal diferença entre os meses amostrados. As amostragens foram estatisticamente separadas em dois grupos evidenciando a estação climática.

No mês de setembro/2012 (estação seca), a menor pluviosidade provavelmente fez com que houvesse menor carreamento de sólidos e compostos químicos através da chuva para o interior do corpo d'água. Desta forma, a elevada transparência e zona eufótica é reflexo de uma menor turbidez e sólidos em suspensão (ESTEVES, 2011), o que ocasiona um maior aproveitamento por parte da comunidade fitoplanctônica da radiação incidente, e isso pôde ser observado através dos maiores valores de clorofila *a* e feopigmentos neste mês, principalmente da estação EA 9 em diante. As águas mais oxigenadas do rio também na estação seca fortalecem a inferência de um maior aproveitamento da luz pela comunidade fitoplanctônica, pois segundo ESTEVES e FURTADO (2011) quando ocorre uma intensa atividade fotossintética na zona eufótica, ocorre produção considerável de oxigênio nessa região.

O oxigênio dissolvido varia de acordo com as estações climáticas, sendo que menores valores para este ocorrem em ambientes com pH mais ácido (MAIER, 1987). O pH apresentou valores próximos da neutralidade em ambas as estações

climáticas, o que de acordo com ESTEVES e FURTADO (2011) ocorre de forma geral nos corpos d'água continentais, que registram valores entre 6 e 8,5. Sendo que no mês de Janeiro em que águas apresentaram menores concentrações de oxigênio dissolvido, o pH apresentou valores tendenciados à acidez.

Isso possivelmente é reflexo da maior pluviosidade nesse período, pois segundo CARVALHO et al, (2000) o pH em épocas chuvosas apresenta alterações devido à diluição dos compostos dissolvidos, alterando a concentração iônica devido ao grande volume de água, o que também reflete em uma diminuição na condutividade elétrica.

Os valores de condutividade elétrica registrados no mês de janeiro foram menores quando comparados ao mês de setembro/12, corroborando com o exposto anteriormente. Em setembro, o maior registro para essa variável foi em EA 8 (região marcada pela piscicultura e descarga de efluentes sem tratamento). Os valores de condutividade podem ser influenciados pelo estado trófico, principalmente em ambientes sob influência antrópica (ESTEVES, 2011), sendo que a condutividade pode ser elevada pela descarga de íons originados de efluentes domésticos e industriais, e pelos excrementos de animais (IGAM, 2005), que aumentam a concentração de diversos compostos no meio aquático, refletindo possivelmente no que foi registrado para essa unidade amostral.

Entretanto, EA 11 e EA 12 também apresentaram altos valores de condutividade elétrica nesse período, o que possivelmente está relacionado ao fato receberem a influência da entrada de compostos nas regiões alta e média do rio, pois de acordo com ESTEVES (1998) em regiões tropicais os valores de condutividade nos ambientes aquáticos estão mais relacionados com as condições climáticas (estação

seca e chuvosa) de onde localizam-se devido a entrada de diversos compostos de origem alóctone.

Segundo o Conceito do Rio Contínuo - CCR (VANNOTE et al, 1980), normalmente as concentrações de compostos inorgânicos apresentam uma diminuição rio abaixo devido a assimilação por organismos. O fósforo está presente na forma inorgânica como ortofosfatos (HPO_4^{4-} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{4-}$), e na forma orgânica como moléculas, estas, produto da decomposição dos organismos (TUNDISI e TUNDISI, 2008). Ele apresenta influência intracelular nas sínteses moleculares e transporte de íons (TUNDISI e TUNDISI, 2008), sendo um dos principais nutrientes para a comunidade fitoplanctônica. O fósforo total apresentou o padrão proposto pelo conceito de continuidade na estação chuvosa. Porém no mês de setembro seus maiores valores foram nas estações a jusante, o que possivelmente é reflexo da influência das fontes poluidoras localizadas nessa região.

De acordo com a concentração de fósforo total Dodds et al *apud* ESTEVES e PANOSSO (2011), desenvolveram uma classificação do estado trófico. E para ecossistemas lóticos, concentrações abaixo de $25 \mu\text{g.L}^{-1}$ - oligotrófico, entre 25 e $75 \mu\text{g.L}^{-1}$ - mesotrófico, e acima de $75 \mu\text{g.L}^{-1}$ - eutrófico. Segundo essa classificação, na estação seca são consideradas oligotróficas EA 1 a EA 7 e mesotróficas EA 8 a EA 12. Na estação chuvosa EA 2 e, de EA 4 a EA 12 são mesotróficas, apenas EA 1 e EA 3 classificam-se como eutróficas, o que demonstra que fontes deste nutriente estão localizadas a montante da cidade, e possivelmente sejam provenientes de efluentes dos municípios que seus formadores drenam, sendo transportado através das chuvas para o interior do manancial.

O nitrogênio, na forma amoniacal, apresentou seus maiores valores nas EAs à jusante, o que pode estar relacionado ao fato de nessa região estarem localizados o sistema de tanques-rede com piscicultura intensiva, ocorrendo diariamente a alimentação dos peixes com ração e a liberação de excrementos por parte dos mesmos, e um dos principais locais de lançamento de efluentes domésticos e industriais do município de São Mateus. Alguns estudos demonstram que a concentração de fósforo e nitrogênio no rio pode ter como influência a atividade agrícola e a ocupação urbana do solo (ALLAN e CASTILLO, 2007; ELOSEGI e SABATER, 2009; DUNCK et al, 2013), sendo estas as possíveis causas para os padrões e valores desses nutrientes encontrados no rio São Mateus.

De acordo com a influência de mudanças ambientais a comunidade fitoplanctônica varia em riqueza, diversidade, densidade e biomassa (REYNOLDS, 2006), sendo que efluentes são fontes de polifosfatos e outros compostos que tem efeitos diretos sobre os organismos fotossintetizantes no ecossistema aquático, principalmente em relação à densidade (ESTEVES e MEIRELLES-PEREIRA, 2011). O rio São Mateus na estação seca apresentou uma maior diversidade específica, baixas densidades e uma riqueza considerável de táxons, demonstrando certa estabilidade da comunidade mediante ao ambiente de forma geral. Porém neste período, apesar dos baixos valores de densidade foi registrada a dominância principalmente da cianofícea *Synechocystis aquatilis*, e assim, consequentemente houve baixa equitabilidade, demonstrando o início de possíveis alterações na composição dessa comunidade devido à interferências no ambiente.

Já a estação chuvosa revelou altos valores de densidade principalmente nas EAs durante e a jusante da cidade, chegando a seu valor máximo na EA 6, região que está sob a visível influência de esgotos clandestinos advindos das residências às

margens do rio. A diversidade, a riqueza e a clorofila *a* também foram menores neste período quando comparadas à estação seca, fato possivelmente relacionado à dominância de espécies em todos os pontos de coleta, sendo a principal espécie dominante a mesma visualizada no período seco, *Synechocystis aquatilis* Sauvageau, uma cianobactéria (Classe: CYANOPHYCEAE) descrita por Komárek e Anagnostidis (1999) como plâncton frequentemente encontrado em ecossistemas poluídos ou com alta concentração de nutrientes.

Algumas espécies do gênero *Synechocystis* produzem hepatotoxinas (FRANCESCHINI et al, 2010), o que faz com que a grande densidade desses organismos no rio São Mateus seja preocupante principalmente com relação à saúde pública e pesca.

A análise de Correspondência Destendenciada correlacionou os táxons abundantes e dominantes com as estações amostrais, os quais foram separados em três grupos. O 1º Grupo (EA1) e 2º Grupo (EA 2 a EA 7), região marcada com as maiores velocidades de fluxo, foram correlacionados principalmente com táxons pertencentes à Classe Bacillariophyceae. Isso pode ser atribuído possivelmente ao fato de diatomáceas serem beneficiadas em ambientes fluviais, pois segundo BIGGS e THOMSEN (1995) a estrutura celular rígida desses organismos permite que permaneçam no ecossistema sem danos físicos devido às correntes e, à capacidade de explorar fontes de nutrientes inorgânicos localizadas e/ou passageiras.

Além disso, a grande disponibilidade de sílica solúvel em rios proveniente do solo ou de organismos aquáticos favorece o desenvolvimento de organismos dessa classe, visto que a utilizam na formação da parede celular (LAMPERT e SOMMER, 2007), o que corrobora com os maiores registros para esse nutriente nessa região amostral.

O 3º Grupo (EA 8 a 12) evidenciou organismos pertencentes às classes Cyanophyceae e Chlorophyceae, sendo táxons pequenos e que apresentam facilidade de reprodução. De acordo com ESTEVES e SUZUKI (2011), a grande maioria das Chlorophyceae habita preferencialmente ecossistemas mesotróficos ou eutróficos, e são cosmopolitas. Já as cianobactérias apresentam ampla distribuição, ocupando praticamente todos os biótopos do ecossistema aquático (interface água-ar, toda a coluna d'água, sedimentos, etc.) devido à sua capacidade adaptativa (ESTEVES e SUZUKI, 2011). A presença destes organismos corrobora com a trofia do rio São Mateus segundo a classificação de Dodds et al *apud* ESTEVES e PANOSSO (2011) nas estações amostrais em que ocorreram.

Portanto, o rio São Mateus apresentou diferenças quanto ao tipo de variáveis limnológicas que influenciam sobre sua ecologia em cada período climatológico, sendo a estação seca relacionada principalmente com pH, oxigênio dissolvido, zona eufótica e silicato, e a estação chuvosa com fósforo total, turbidez e temperatura da água. Além disso, verificou-se que a estação seca apresentou a diversidade, riqueza e densidade total da comunidade fitoplanctônica mais homogêneas quando comparada estação chuvosa. E que apesar dos baixos valores de densidade foi registrada a dominância principalmente da espécie *Synechocystis aquatilis*, assim como no período de chuvas, com consequente baixa equitabilidade.

Esses resultados nos permitem inferir que no período de seca o rompimento da continuidade do rio São Mateus foi menos evidente, diferente do período chuvoso, possivelmente devido a uma maior influência dos ambientes externos adjacentes as margens do rio, que com as chuvas compostos dos mesmos são lixiviados para o rio.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de mestrado, à APESAM – Associação de Pescadores de São Mateus pelo apoio logístico nas coletas, e ao PELD (Programa Ecológico de Longa Duração) – rio São Mateus pelo custeio das amostragens.

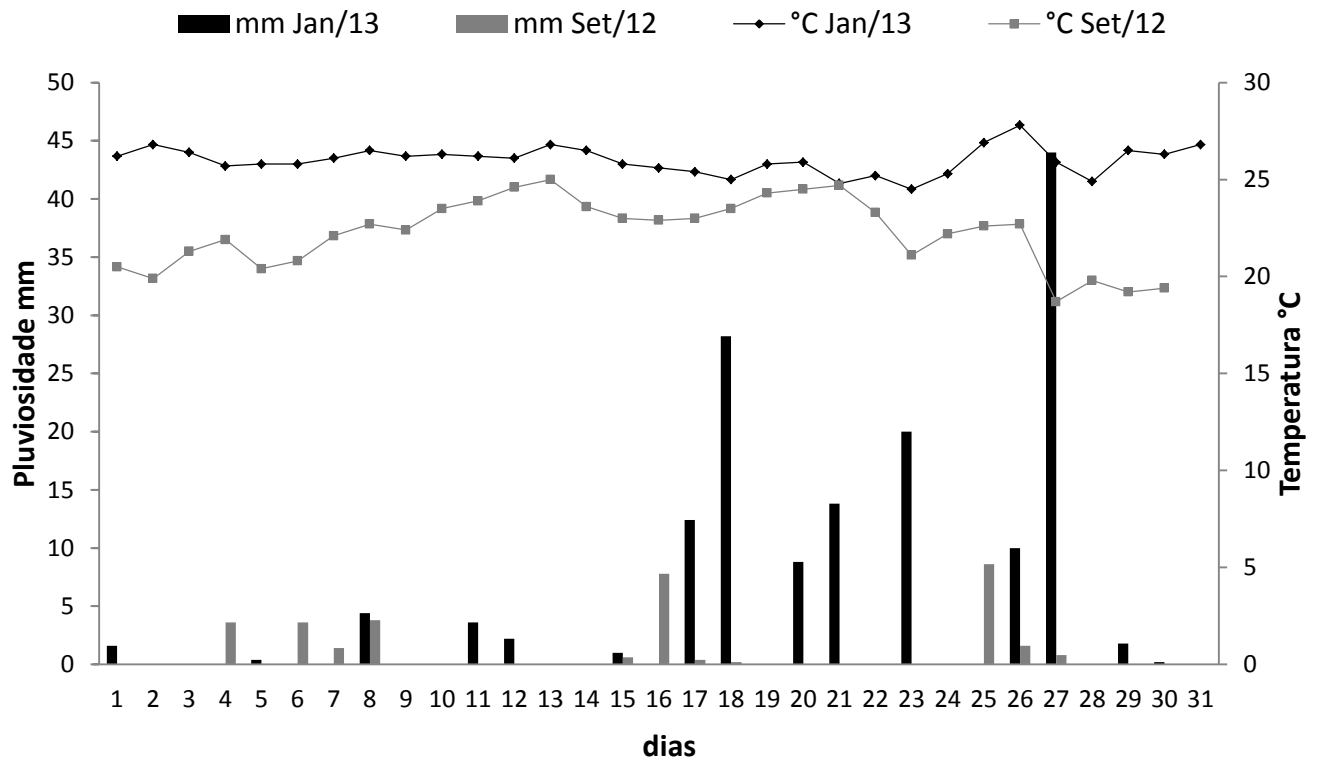


Figura 3 – Pluviosidade e temperatura do ar dos meses de Setembro/2012 e Janeiro/2013 no município de São Mateus. Dados disponíveis em: <http://www.ceunes.ufes.br/estacao/index2.asp?estacao=A616>

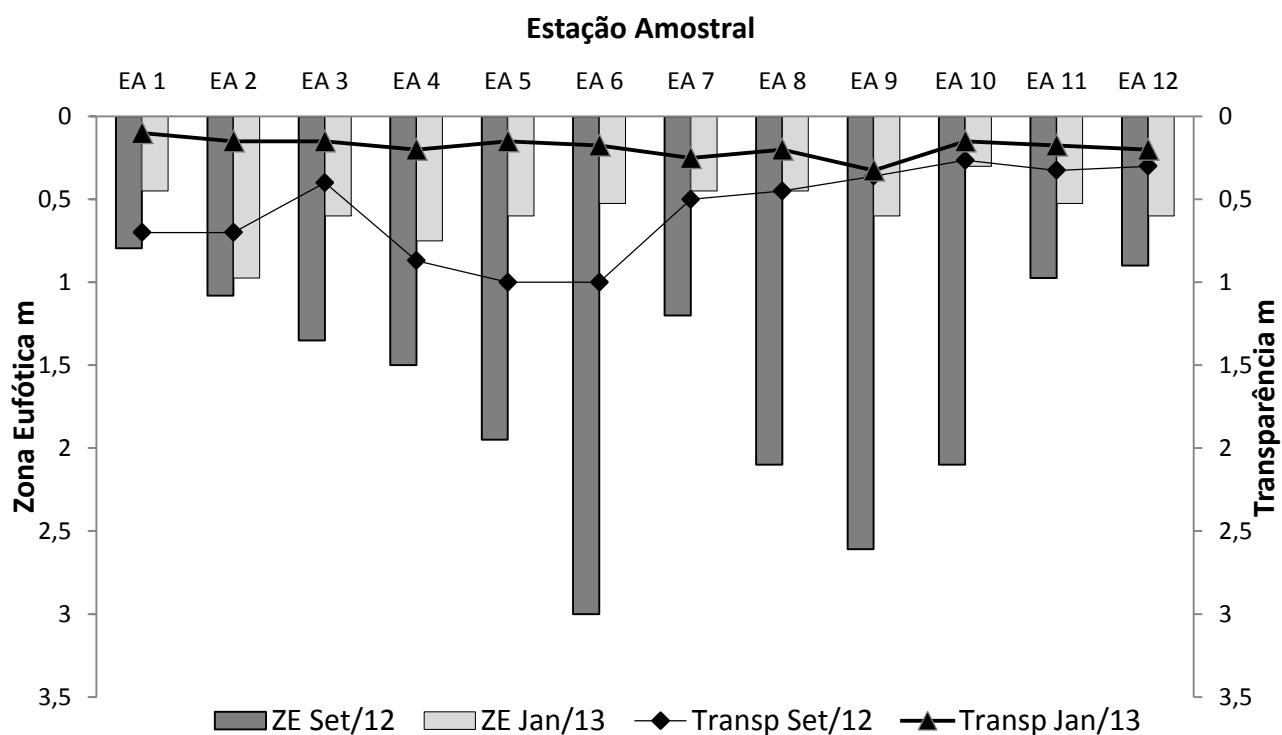


Figura 4 – Zona eufótica (ZE) e transparência (Transp) da coluna d'água (profundidade de Secchi) das estações amostrais no rio São Mateus, em setembro/2012 e janeiro/2013.

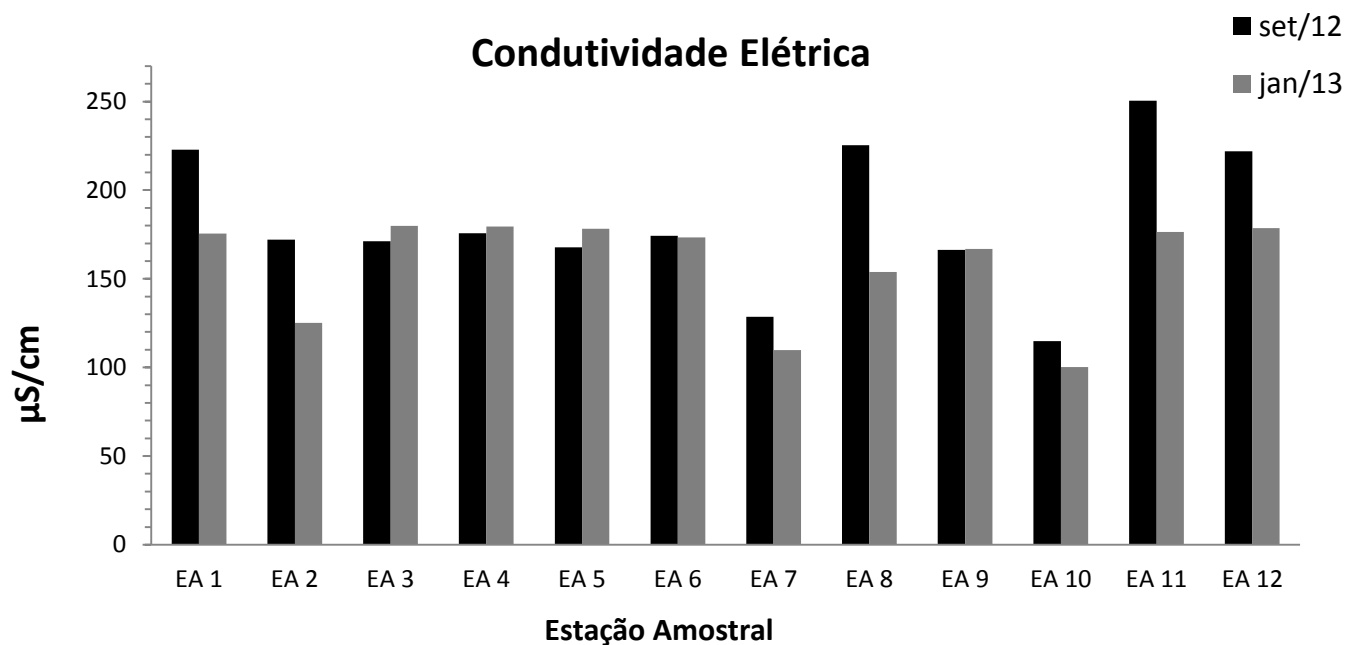


Figura 5 – Valores de condutividade elétrica em setembro/2012 e janeiro/2013 nas estações amostrais do rio São Mateus.

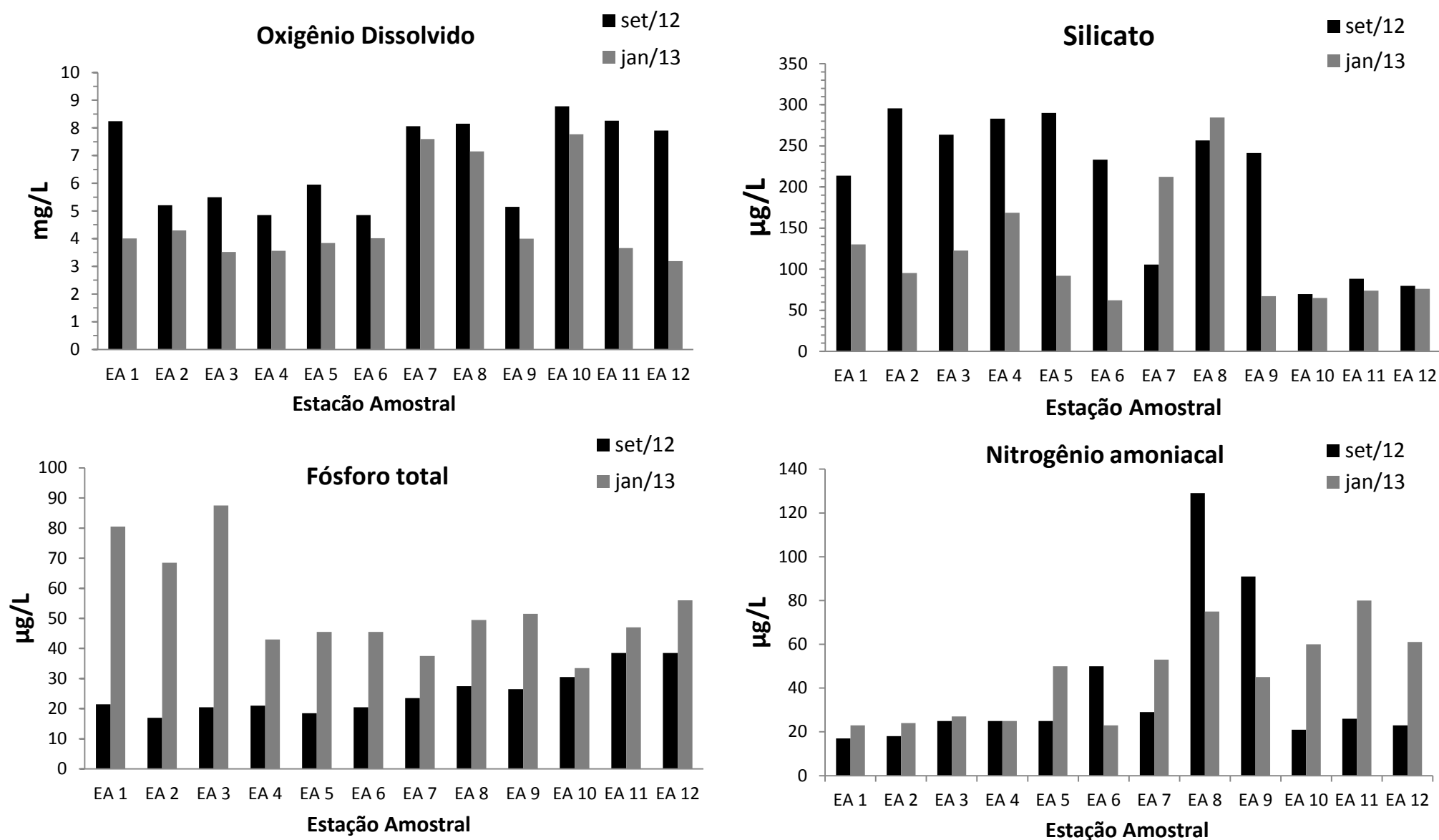


Figura 6 – Comparação entre os valores registrados nas estações amostrais do rio São Mateus nos dois períodos climatológicos amostrados (setembro/2012 e janeiro/2013), para as seguintes variáveis: oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio amoniacal e silicato.

Tabela 2 – Classificação da trofia das estações amostrais de acordo com a concentração de fósforo total, segundo Dodds et al (1998) *apud* ESTEVES e PANOSSO (2011).

ESTAÇÃO AMOSTRAL	MÊS	µg/L de P-total	TROFIA
EA 1	SET	21,5	OLIGOTRÓFICA
	JAN	80,5	EUTRÓFICA
EA 2	SET	17	OLIGOTRÓFICA
	JAN	68,5	MESOTRÓFICA
EA 3	SET	20,5	OLIGOTRÓFICA
	JAN	87,5	EUTRÓFICA
EA 4	SET	21	OLIGOTRÓFICA
	JAN	43	MESOTRÓFICA
EA 5	SET	18,5	OLIGOTRÓFICA
	JAN	45,5	MESOTRÓFICA
EA 6	SET	20,5	OLIGOTRÓFICA
	JAN	45,5	MESOTRÓFICA
EA 7	SET	23,5	OLIGOTRÓFICA
	JAN	37,5	MESOTRÓFICA
EA 8	SET	27,5	MESOTRÓFICA
	JAN	49,5	MESOTRÓFICA
EA 9	SET	26,5	MESOTRÓFICA
	JAN	51,5	MESOTRÓFICA
EA 10	SET	30,5	MESOTRÓFICA
	JAN	33,5	MESOTRÓFICA
EA11	SET	38,5	MESOTRÓFICA
	JAN	47	MESOTRÓFICA
EA 12	SET	38,5	MESOTRÓFICA
	JAN	56	MESOTRÓFICA

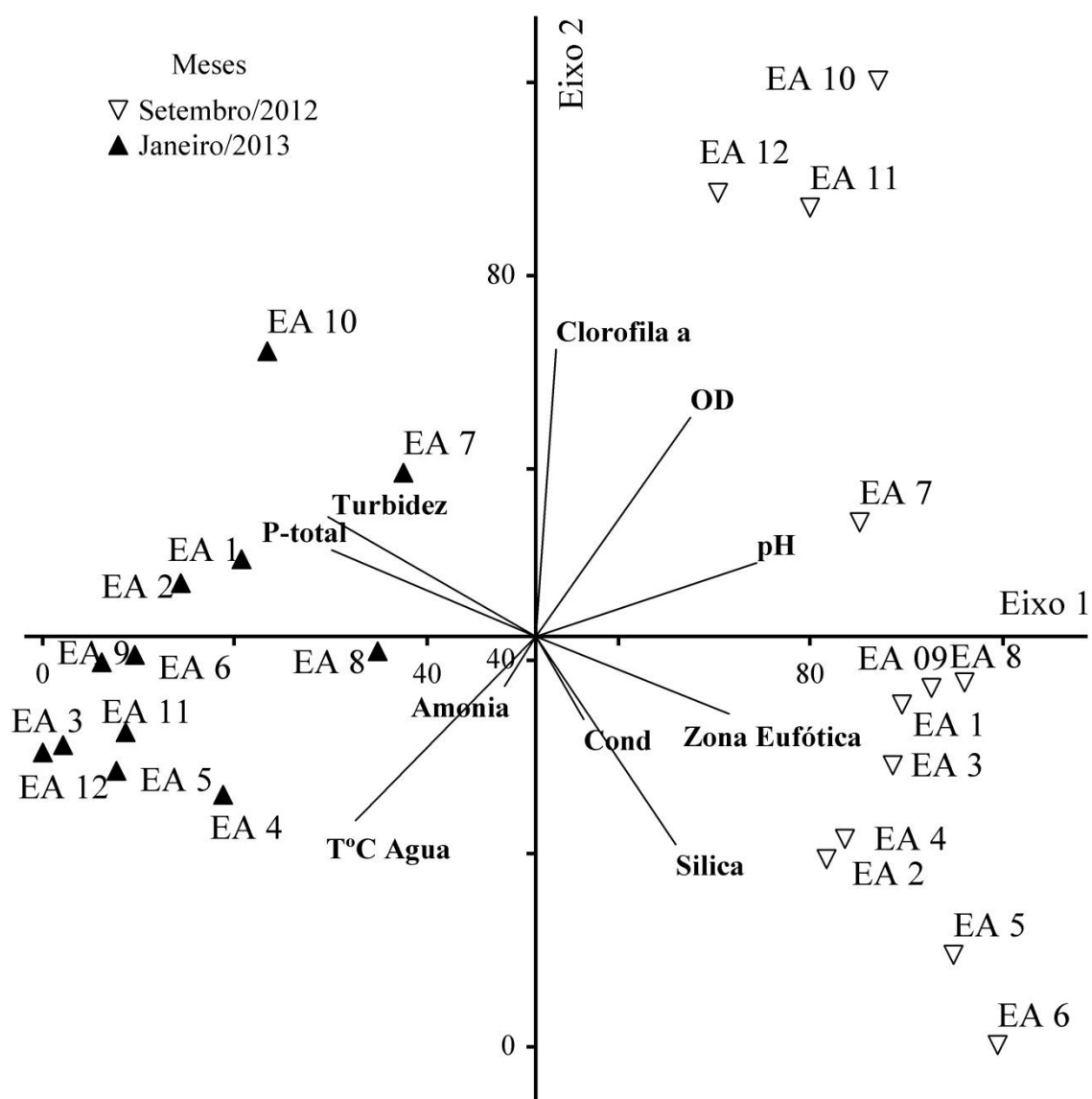


Figura 7 – Diagrama de Ordenação obtido através da Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis limnológicas das estações amostrais no rio São Mateus, analisado em Setembro/2012 e Janeiro/2013. *Zona eufótica; Oxigênio dissolvido (OD); pH; Turbidez; Condutividade (cond); Temperatura da água (T°C Água); Fósforo total (P-total); Silica (Silicato); Amônia; e Clorofila a.

Tabela 3 – Coeficientes de correlação obtidos através da PCA dos dois meses amostrais: Setembro/2012 e Janeiro/2013.

Variável	Coeficiente de Correlação	
	Eixo 1	Eixo 2
T °C Água	-0.7465	-0.4943
Zona Eufótica	0.8015	-0.2068
Turbidez	-0.8645	0.3187
Oxigênio dissolvido	0.6413	0.5858
Condutividade	0.1968	-0.2231
pH	0.9155	0.1983
Nitrogênio amoniacal	-0.1332	-0.1316
Fósforo total	-0.8504	-0.1731
Silicato	0.5819	0.2333
Clorofila <i>a</i>	0.0839	0.7695
<u>Autovalores</u>	4.322	1.796
<u>Broken-stick</u>	2.929	1.929

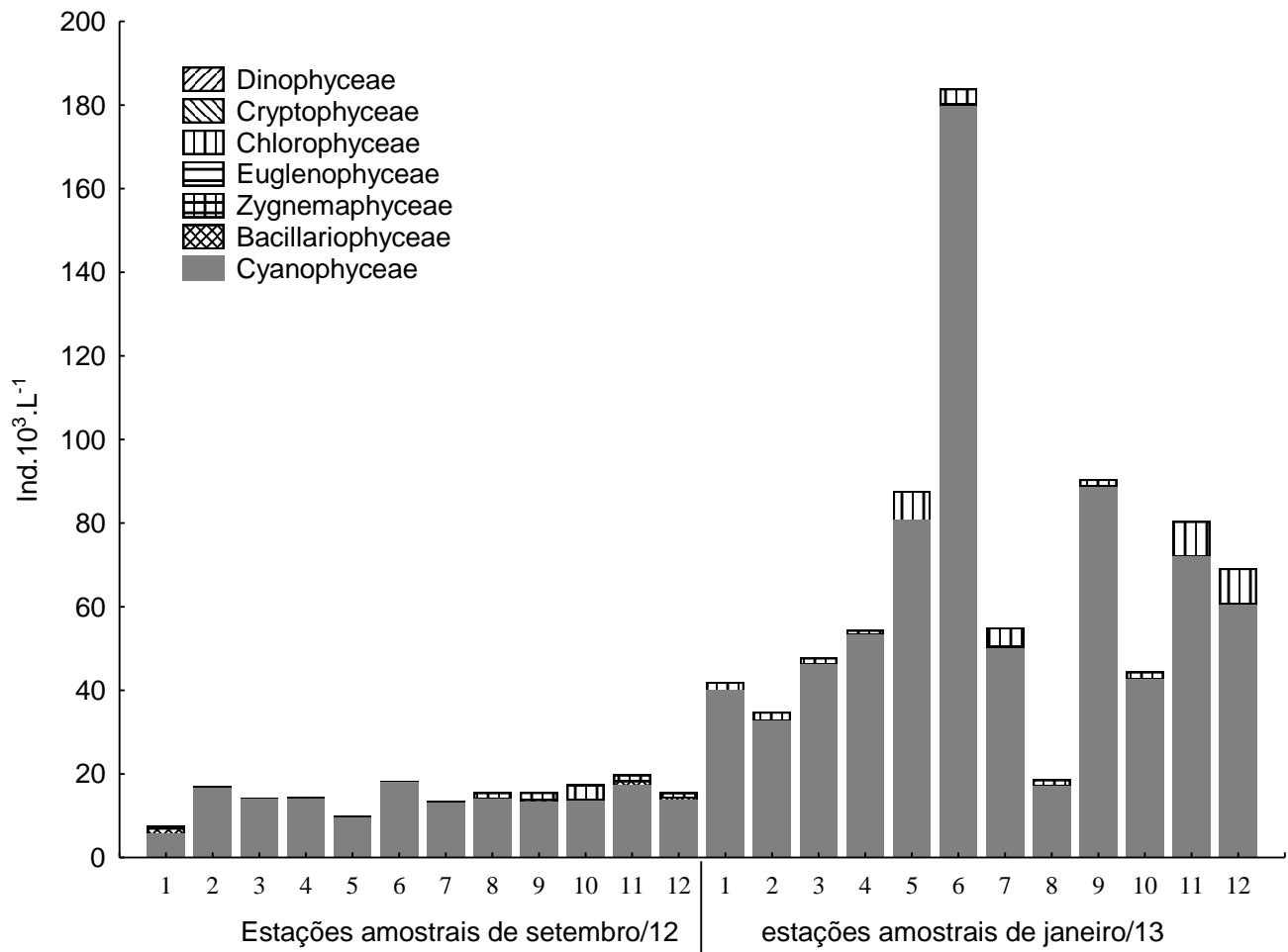


Figura 8 – Densidade fitoplanctônica ($\text{ind.}10^3.\text{L}^{-1}$) nas estações amostrais no rio São Mateus, em Setembro/2012 e Janeiro/2013.

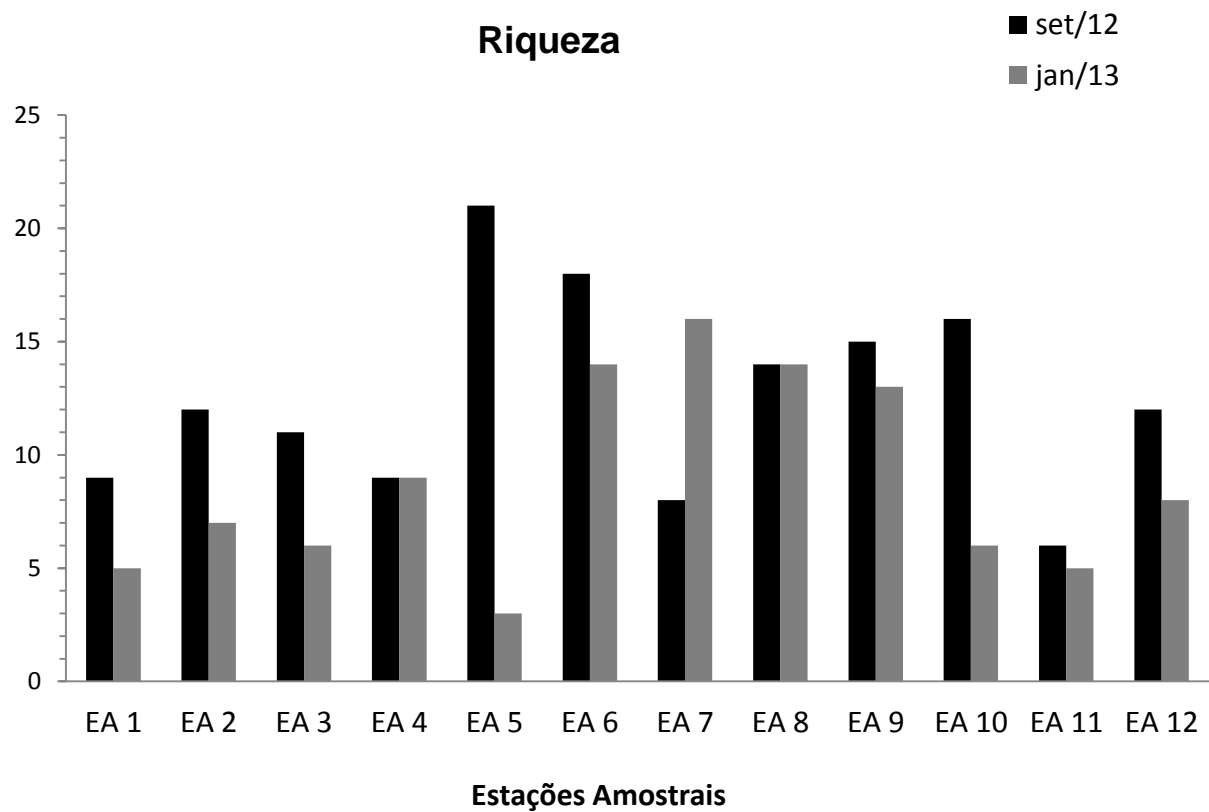


Figura 9 – Riqueza de espécies das estações amostrais no rio São Mateus, em Setembro/2012 e Janeiro/2013.

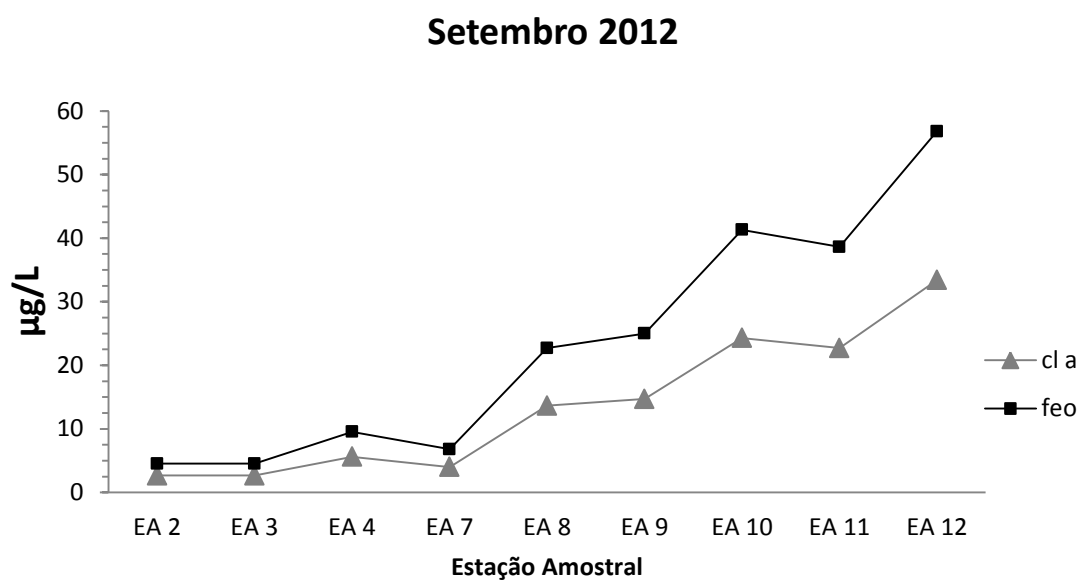


Figura 10 – Clorofila a e feopigmentos das estações amostrais no rio São Mateus em Setembro/2012.

*EA 1, 5 e 6 = erro amostral.

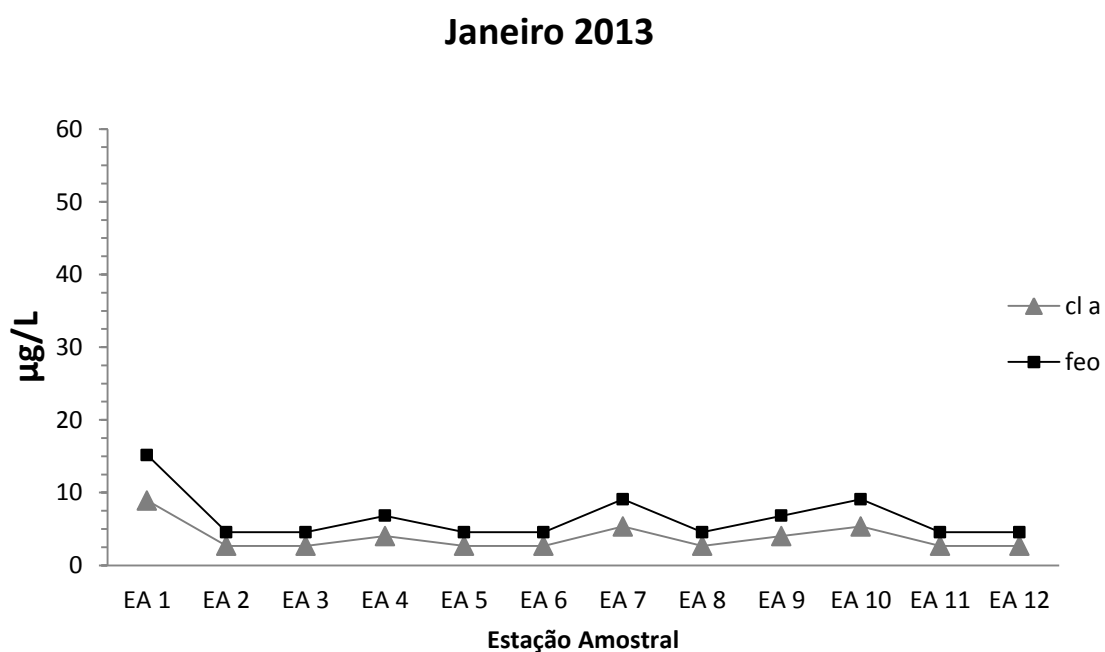


Figura 11 – Clorofila a e feopigmentos das estações amostrais no rio São Mateus em Janeiro/2013.

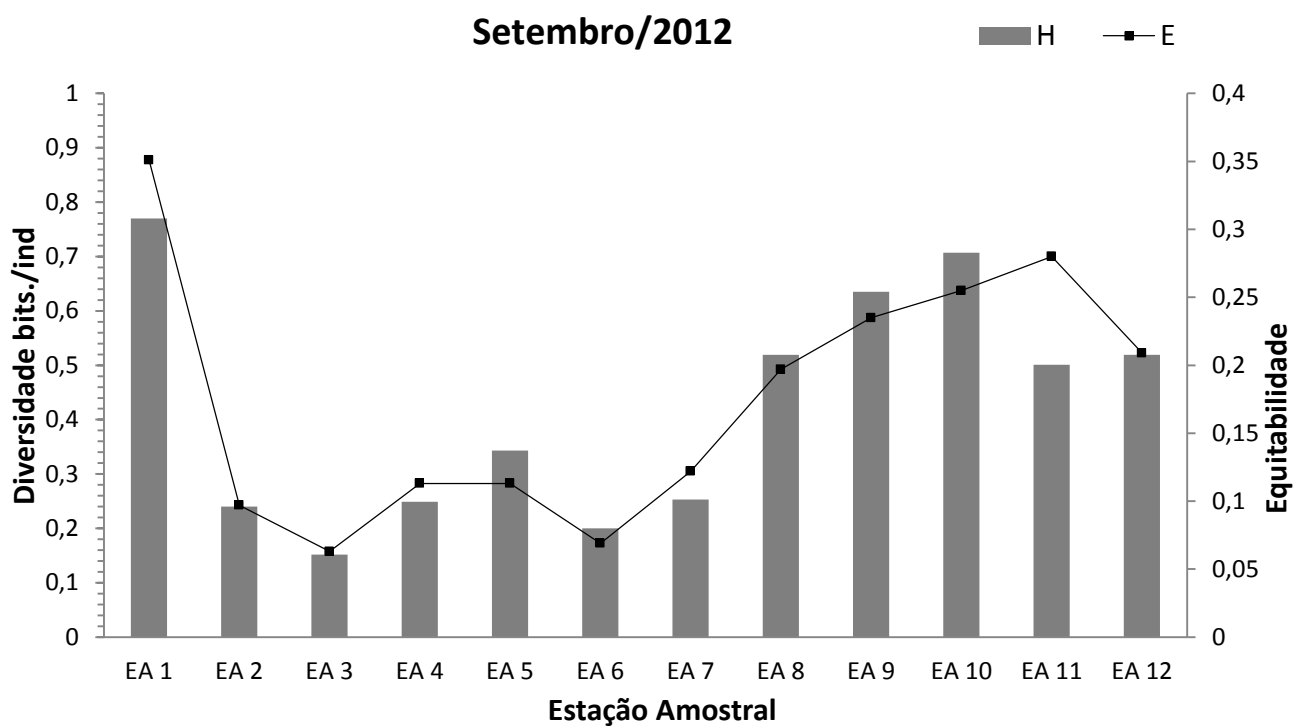


Figura 12 – Diversidade Específica (H) e Equitabilidade (E) das estações amostrais no rio São Mateus, em Setembro/2012.

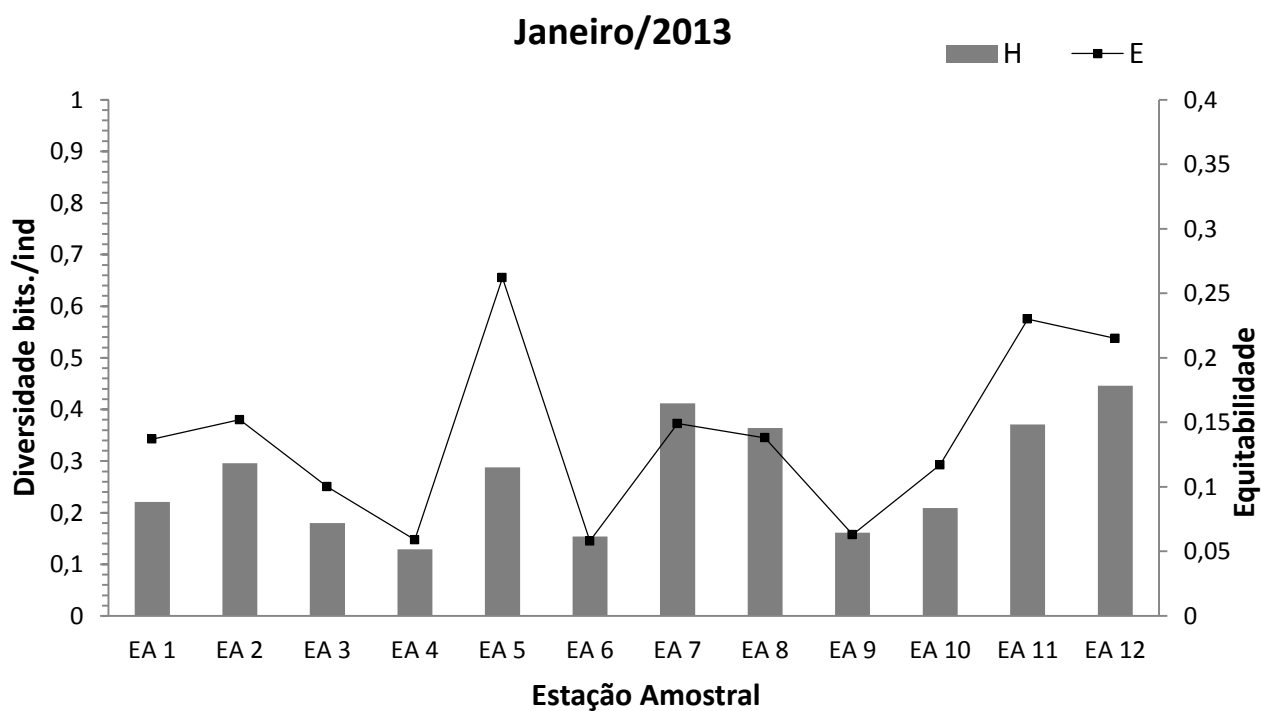


Figura 13 – Diversidade Específica (H) e Equitabilidade (E) das estações amostrais no rio São Mateus, em Janeiro/2013.

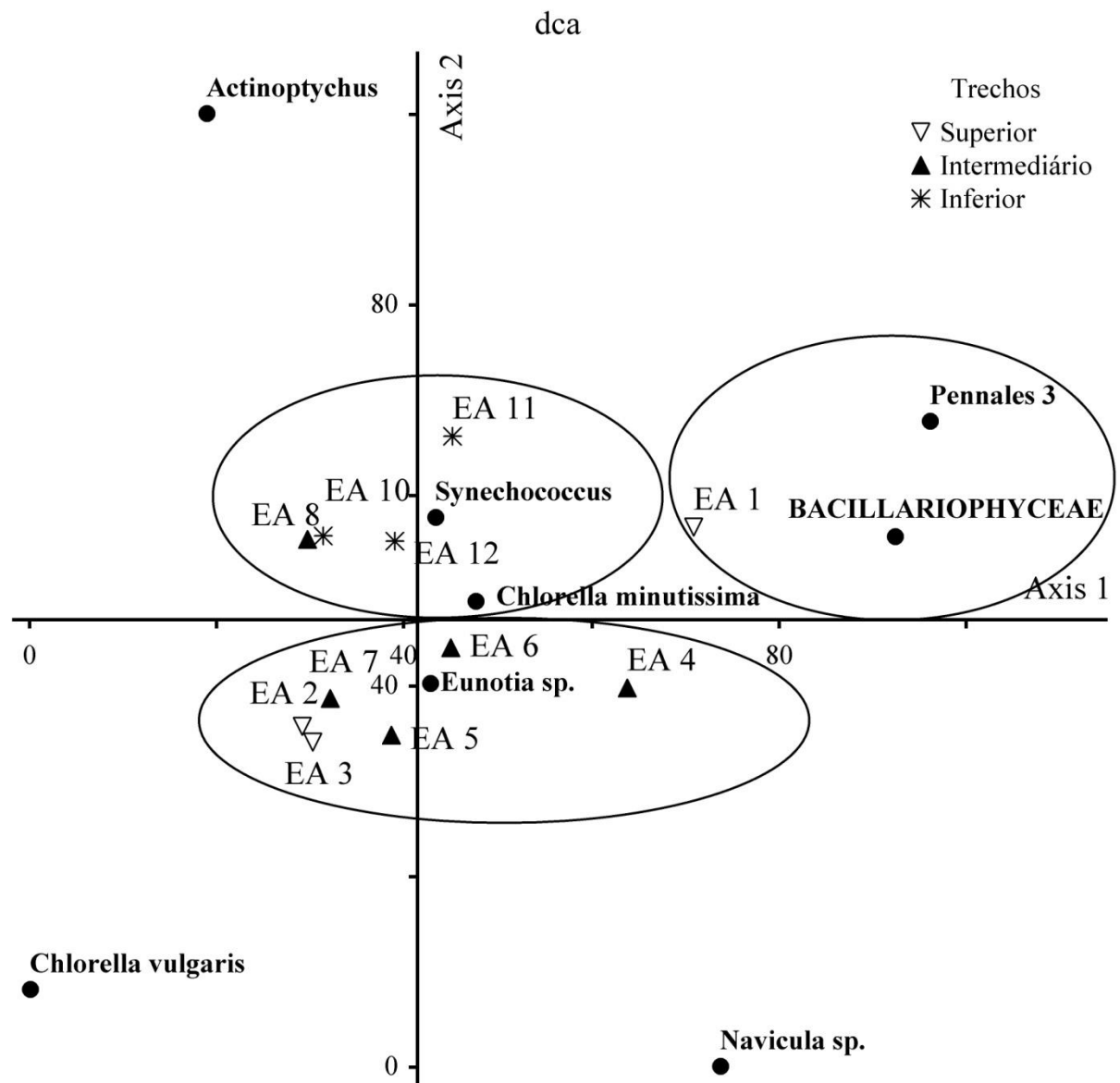


Figura 14 – Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) das espécies abundantes e dominantes correlacionadas com as estações amostrais. Explicabilidade: Eixo 1 = 27,96% e eixo 2 = 12,97%, totalizando 40,93%. *EA = estação amostral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN, J. D. and CASTILLO, M. M. Stream Ecology: Structure and Functioning of running Waters. 2 ed. Dordrecht: Springer, 444p, 2007.

ANA – Agência Nacional das Águas. Bacias Hidrográficas do Atlântico Sul – trecho leste. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – CD nº4. 2009. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/doc/BHASLeste/index.htm>

APHA – American Publication Health Association, Standars methods for the examination of water and wastewater. GREENBERG, A. E.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. (Eds.). 18.ed. USA: Washington, 1992.

BERNINI, E.; SILVA, M. A. B. da; CARMO, T. M. S. do. and CUZZUOL, G. R. F. Composição química do sedimento e de folhas das espécies do manguezal do estuário do rio São Mateus, Espírito Santo, Brasil. Revista Brasil. Bot., v.29, n.4, p.689-699, 2006.

BICUDO, D. C. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifíton. Acta Limnol. Brasil, v.3, p. 459-475, 1990.

BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D.C.; CASTRO, A. A. J. and PICELLI-VICENTIM, M. M. Fitoplâncton do trecho a represar do rio Paranapanema (Usina Hrelétrica de Rosana), Estado de São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Biologia, v. 52, p.293-310, 1992.

BIGGS, B. J. F. and THOMSEN, H. A. Disturbance of stream periphyton by perturbations in shear stress: time to structural failure and differences in community resistance. Journal of Phycology, v. 31, p.233-241, 1995.

BILLEN, G.; GARNIER, J.; NÉMERY, J.; SEBILO, M. SFERRATORE, A.; BARLES, S.; BENOIT, P. and BENOÎT, M. A long-term view of nutrient transfers

through the Seine River continuum. *The Science of The Total Environment*, v. 375, p.80-97, 2007.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. Ficoflórula do rio Tibagi, estado do Paraná, Brasil: I. Desmídeas, filamentosas e gêneros *Gonatozygon*, *Penium*, *Pleurotaenium* e *Tetmemorus* (Zygnemaphyceae). *Semina, Ciências Biológicas e da Saúde*, v. 14, p.61-73, 1993.

BORGES, P. A. F.; RODRIGUES, C. L. PAGIORO, T. A. and TRAIN, S. Spatial variation of phytoplankton and some abiotic variables in the Pirapó River-PR (Brazil) in August 1999: a preliminary study. *Acta Scientiarum*, v. 25, p.1-8, 2003.

BRETSCHKO, G. River/Land Ecotones: Scales and Patterns. *Hydrobiologia*, v.303, p.83-91.1995.

BROWN, H.D. A comparison of the attached algal communities of a natural and an artificial substrate. *Journal of Phycology*, v. 12, p.301-306, 1976.

CÂMARA, F. M. M.; MOURA, A. N. and BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. Ficoflórula planctônica do rio Parnaíba, estado do Piauí-Brasil. *Revista Nordestina de Biologia*, v. 16, p.3-21, 2002.

CARMOUZE, J. P. Análises químicas dos nutrientes: nitrato, nitrito, amônio, ortofosfato e ortosilicato. In: *O metabolismo dos ecossistemas aquáticos*. São Paulo: FAPESP, p.157–182,1994.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F.H.M. and TORNISIELO, V.L.. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. *Química Nova*, v. 23, n.5, p.618-622, 2000.

COLE, G. *Textbook of Limnology*. Saint Louis: The C. V. Mosby. 283p. 1994.

CUNHA, D. G. F.; FALCO, P. B. de. and CALIJURI, M. do C.. Densidade fitoplanctônica e estado trófico dos rios Canha e Pariquera-Açu, bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguapé, São Paulo, Brasil. *Revista Ambi-Água*, Taubaté, v. 3, n. 2, p.90-105, 2008.

DODDS, W. K. Eutrophication and trophic state in rivers and streams. *Limnology and Oceanography*, v.51, p.671-680, 2006.

DUNCK, B; NOGUEIRA, I. DE S. and FELISBERTO, S. A. Composição e diversidade de algas perifíticas em veredas sob diferentes impactos antrópicos (Goiás, Brasil). *IHERINGIA, Sér. Bot.*, Porto Alegre, v. 68, n. 2, p.237-248, 2013.

ELOSEGI, A.; and SABATER, S. Conceptos y técnicas em ecologia fluvial. Fundación BBVA, 471p. 2009.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 2º Ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 602p., 1998.

ESTEVES, F.A. and FURTADO, A. L. dos S.. Oxigênio Dissolvido. In: ESTEVES, F.A., (Ed) Fundamentos de Limnologia. Interciência: Rio de Janeiro. p.167-191, 2011.

ESTEVES, F.A. and MEIRELLES-PEREIRA, F.. Eutrofização artificial. In: ESTEVES, F.A., (Ed) Fundamentos de Limnologia. Interciência: Rio de Janeiro. p.625-655, 2011.

ESTEVES, FA., and PANOSSO, R.. Fósforo. In: ESTEVES, FA., (Ed) Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro, Ed. Interciência. p.259-281, 2011.

ESTEVES and SUZUKI, M.S. Comunidade fitoplanctônica. In: ESTEVES, F.A. (Ed). Fundamentos de Limnologia. Interciência: Rio de Janeiro, p.375 – 445. 2011

FERREIRA, RM., BARROS, NO., DUQUE-ESTRADA, CH.; and ROLAND, F. Caminhos do fósforo em ecossistemas aquáticos continentais. In: ROLAND, F., CESAR, D.; and MARINHO, M. Lições de Limnologia. São Carlos. Ed. Rima. p.229-242, 2005.

FRANCESCHINI, I. M.; BURLIGA, A. L. ; REVIERS, B. De. ; PRADO, J. F. ; and RÉZIG, S. H.. ALGAS : uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica. Porto Alegre: Artmed, 2010.

GOLTERMAN, H. L., CLYMO, R. S.; and OHNSTAD, M. A. M. Methods for chemical analysis of freshwater. 2^a ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 213p., 1978.

HILTON, J.; O'HARE, M.; BOWES, M.J. J. and JONES, I. How green is my rivers? A new paradigm of eutrophication in rivers. Science of the Total Environment, v. 365, p.66-83, 2006.

IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Relatório de monitoramento das águas superficiais na Bacia do Rio São Francisco em 2004: Bacia do Rio São Francisco - Sul. Belo Horizonte: IGAM, 180p, 2005.

KOMÁREK, J.; and ANAGNOSTIDIS, K. Chroococcales. In: ETTL, A.; GERLOFF, J.; HEYNIG, H.; and MOLLENHAUER, D. (Eds.) Sübwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19. Stuttgart: G. Fischer Verlag., 548p., 1999.

LAMPERT, W. and SOMMER, U.. Limnoecology. The ecology of lakes and streams. 2^o Ed.Oxford University Press. 324p., 2007.

LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. Limnology and Oceanography, v. 12, p.343-346, 1967.

LUND, J. W. G.; KIPLING, C. and LENCREN, E. D. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting. *Hydrobiologia*, v. 11, p.143 – 170, 1958.

MAIER, M. H. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47°55' – 48°55'W; 22°30' – 21°55'S – Brasil): qualidade da água do rio principal. *Ciência e Cultura*, v. 39, p.164-185, 1987.

MAMÃO, M. N. Ecologia do fitoplâncton de um rio tropical. Dissertação (Mestre em Ecologia). Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2012.

MARGALEF, R. *Limnologia*, Barcelona. Editora Ômega, 1010p., 1983.

MMA – Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos, 2006.

PETTS, G. E. The perspective on the abiotic processes sustaining the Ecological integrity of running waters. *Hydrobiologia*. v. 422/423, p. 15-27. 2000.

PIELOU, E.C. *Ecological diversity*. New York; John Wiley and Sons, 1975.

REYNOLDS, C. S. The concept of ecological succession applied to seasonal periodicity of freshwater phytoplankton. *International Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnology*, v.23, p.683-691, 1988.

REYNOLDS, C. S. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge: Cambridge University Press, 535p., 2006.

RODRIGUES, S. C.; TORGAN, L. and SCHWARZBOLD, A. A Composição e variação sazonal da riqueza do fitoplâncton na foz dos rios do delta do Jacuí, RS, Brasil. *Acta Botânica Brasilica*, v.21, p.707-721, 2007.

SANTOS, M. J. and ROCHA, O. Plankton community structure and its relation to water quality in streams under urban impacts. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung Limnologie*, v. 26, p.1266-1270, 1998.

SHANNON, C. E. and WEANNER. The mathematical Theory of communication. – Univ. Illinois Press, Urbana, Ill. 125p. 1963.

SILVA, M. A. B.; BERNINI, E. and CARMO, T. M. S. do. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil. *Acta Botânica Brasilica*, v. 19, n.3, p.465 – 471, 2005.

SILVA, W. J. da; FELISBERTO, S. A.; FONSECA, C. P. and SOUZA, M. das G. M. Serial discontinuity along the Descoberto River Basin, Central Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 22, no. 3, p. 344-355, 2010.

SILVEIRA, M. P. Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 68p, 2004.

STANFORD, JA. and WARD, JV. Revisiting the serial discontinuity concept. *Regulated Rivers: Research & Management*, vol. 17, p.303-310, 2001.

STRICKLAND, J. D. H., PARSONS, T. R. A manual of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, v. 125, p.1-18, 1960.

TELLES, D. A. Água na agricultura e pecuária. In.: REBOÇAS, A. C., BRAGA, B., and TUNDISI, J. G. (Orgs). *Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras, p.305-337, 2006.

TRAIN, S. and RODRIGUES, L. C. Distribuição espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica, p.105-116. In.: VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO,

A. A. and HAHN, N. S. (Eds). A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos, Maringá, EDUEM, 1997.

TUNDISI, J. G. Recursos Hídricos no futuro: problemas e soluções. Estudos Avançados, v.22, n.63, p.7–16, 2008.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M.. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

UEHLINGER, V. Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. Arch. Sci., v.17, n. 2, p.121-123, 1964.

UTERMÖHL, H. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton: methodik. Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol., v. 9, p.1-38. 1958.

VALDERRAMA, J. C. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. Marc. Chem., v. 10, p.1109-122, 1981.

VANOTTE, R.L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; and CUSHING, C. E. The River Continuum Concept. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v.37, p.130-137. 1980.

WARD, JV. and STANFORD, J. A.. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. In FONTAINE III, TDI. and BARTELL, SM., ed. *Dynamics of lotic ecosystems*. Michigan: Ann Arbor Science. p.29-42, 1983.

WARD, JV. and STANFORD, J. A.. The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain river. *Regulated Rivers: Research & Management*, vol. 10, p.59-168, 1995.

WEBER, C. I. Plankton. In: National Environmental Research Center Office of Research and Development U. S. Environmental Protection Agency Cincinnati (Ed.)

Biological Field and laboratory methods dos measuring the quality surface water and effluents. U. S. A. p.1-17, 1973.